

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE AUTOMATISÉE DES STATIONNEMENTS

JEAN-SIMON BOURDEAU

DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES

(GÉNIE CIVIL)

AOÛT 2014

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE AUTOMATISÉE DES STATIONNEMENTS

présenté par : BOURDEAU Jean-Simon

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. TRÉPANIÉ Martin, Ph.D., président

M. SAUNIER Nicolas, Ph.D., membre et directeur de recherche

Mme MORENCY Catherine, Ph.D., membre et codirectrice de recherche

M. COUILLARD Luc, M.Sc., membre

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mes directeurs de maîtrise, Nicolas Saunier et Catherine Morency, pour les précieux conseils, les idées et l'encadrement. Merci d'avoir cru en moi.

Merci à mes parents et à mes amis de longue date pour leur support de tous les instants, à mon meilleur comme à mon pire.

Finalement, je tiens à remercier mes collègues pour les échanges inspirants, le support, et pour toutes les activités sportives et sociales qui ont tissé des liens solides. Merci donc à Félix Soto, Alexandre Lacoffe, Galo Reinoso, Karla Gamboa, Dariush Ettehadieh, Mary Klinevicius, Marc-André Tessier, Gabriel Sicotte, Annick Lacombe, Hamzeh Alizadeh, Philippe Gaudette, Kinan Bahbouh, et Brigitte Hayeur.

« À vaincre sans péril, on triomphe sans gloire. » - Pierre Corneille, Le Cid

RÉSUMÉ

L'automobile a créé le besoin de stationnement et a eu un effet important sur l'utilisation du sol, directement (en espaces de stationnement) et indirectement (en permettant des déplacements sur les réseaux). Malgré cela, le stationnement reste un sujet assez peu étudié, bien qu'il soit d'une importance capitale dans la gestion de la mobilité et de l'accessibilité des personnes dans les villes.

Ce projet de recherche vise à développer des méthodes d'analyse de l'offre et de l'utilisation des stationnements. Plus particulièrement, les objectifs suivants sont poursuivis :

- Créer des outils automatisés de traitement et d'analyse des données des panneaux de réglementation de stationnement de la ville de Montréal, dans le but d'étudier l'offre de stationnement sur rue ainsi que sa variabilité dans le temps et dans l'espace.
- Développer des procédures permettant d'analyser l'utilisation des stationnements à l'aide des données de déplacements de l'enquête Origine-Destination (OD).
- Développer un système d'information qui assure une intégration cohérente des estimés d'offre et des comportements d'utilisation des stationnements.

Dans un premier temps, une revue de littérature est faite. Cette revue met l'accent sur la recherche qui a été faite sur l'utilisation des stationnements, notamment les facteurs affectant la possession automobile, le choix modal ainsi que la demande de stationnement. De plus, la recherche faite sur la conception, la gestion et l'analyse du stationnement sur rue est recensée dans le but de répondre au premier objectif du projet. La gestion du stationnement ainsi que sur les différents impacts du stationnement, autant sur la mobilité des individus, l'utilisation des réseaux de transport que sur l'organisation des villes est aussi étudiée.

Par la suite, la section méthodologique introduit les procédures permettant de répondre aux objectifs du projet de recherche. La méthode permettant la création de l'outil de capacités de stationnement sur rue est présentée. De plus, une description est faite de la procédure d'estimation de l'utilisation des stationnements à l'aide des données de l'enquête OD, avec les deux types de résultats qui peuvent en être tirés : les profils d'accumulation de véhicules et les capacités théoriques de stationnement, à savoir le maximum du profil d'accumulation pour une zone donnée.

Le Chapitre 4 présente les résultats du développement et de l'utilisation de l'outil de capacités de stationnement sur rue. Dans un premier temps, une analyse descriptive de la base de données des panneaux de stationnement est faite. Par la suite, une analyse approfondie de la capacité de stationnement sur rue est réalisée pour une zone d'étude soit l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal. Notamment, la variation temporelle de l'offre des différents types de stationnements sur rue est analysée. Une généralisation de la procédure est faite pour deux autres territoires d'étude, à savoir les arrondissements de Pointe-aux-Tremble-Rivières-des-Prairies et d'Achims-Cartierville. Ensuite, des études de cas sont faites avec l'outil, notamment pour illustrer qu'il permet l'analyse de différents scénarios. La première étude de cas qui est faite consiste à évaluer l'impact de l'application d'un règlement du Code de la sécurité routière du Québec, à savoir l'interdiction de stationner un véhicule à moins de 5 mètres d'un rayon de courbure d'intersection sur la capacité de stationnement sur rue. Cette interdiction entraînerait une diminution de la capacité de stationnement sur rue d'environ 2100 espaces pour l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal, sur une capacité totale de 20500 espaces. La seconde étude de cas consiste à quantifier l'effet sur la capacité de stationnement sur rue d'une modification dans la composition du parc automobile. Le scénario étudié, qui est le remplacement de 25 % du parc automobile par des véhicules compacts (4 mètres de longueur en moyenne), engendre une augmentation de la capacité de stationnement sur rue variant entre 15 et 17 %, selon la période temporelle.

Dans le Chapitre 5, une étude des comportements d'utilisation des stationnements est faite, et ce à l'aide des données de l'enquête OD tenue à Montréal en 2008. Cette analyse consiste en un suivi spatio-temporel des véhicules qui est faite à l'aide des déplacements auto-conducteur de l'enquête. L'analyse a aussi été faite pour chaque jour de la semaine à l'aide de facteurs de pondération journaliers, ce qui permet d'étudier les comportements d'utilisation à travers une semaine type d'automne.

Le Chapitre 6 présente la création d'un système d'information sur les stationnements. Ce système permet, d'abord d'effectuer une validation des capacités théoriques de stationnement en les comparant avec les capacités réelles de stationnement issues de l'outil de capacités. Ensuite, un système d'information géographique est créé, ce qui permet d'effectuer une étude spatiale du stationnement, autant de l'offre que de l'utilisation. Finalement, un indicateur est proposé. Il mesure l'accessibilité d'un échantillon de ménages de l'enquête OD aux différents types de stationnement sur rue.

En conclusion, ce projet de recherche a permis de développer un outil de capacité de stationnement sur rue. Les données de l'enquête OD ont permis d'estimer l'utilisation des stationnements, qui a ensuite été validée avec les données d'offre dans un système d'information. Dans des travaux de recherche futurs, d'autres types de stationnements devraient être analysés, au fur et à mesure que des données deviennent accessibles, ce qui permettrait d'avoir une meilleure compréhension de l'offre de stationnement, et d'effectuer des validations supplémentaires des données de l'enquête OD.

ABSTRACT

Parking is the strongest link between car use and land use. However, it remains a relatively unstudied topic, even though it is a vital element in the management of urban mobility and accessibility.

The main objective of this research is to develop analysis methods to study parking supply and use. More precisely, the following specific objectives are pursued :

- Design of automated tools to analyze parking sign data of the city of Montréal, in order to study parking supply and how it varies in time and space.
- Development of automated procedures to analyze parking utilization using trip data from the Origin-Destination (OD) survey.
- Development of an information system integrating the supply estimations and the utilization behaviors derived from the OD survey.

The first step of this project is to review past research conducted on parking. The review focuses on research made on parking utilization, as well as on parking management and on the many impacts of parking on travel behaviors, use of transportation systems and on the structure of cities.

Then, the methodological section presents the procedures utilized to address the specific objectives of the research project. The methodological process for the creation of an on-street parking capacity tool is presented. A description of the procedure to analyze parking utilization from OD survey data is also presented, including the two types of results that can be produced: vehicle accumulation profiles and theoretical parking capacity estimations (i.e. the maximum vehicle accumulation for a given area).

Chapter 4 presents the results of the development and use of the on-street parking capacity tool. First, a descriptive analysis of the parking signs database of the city of Montréal is made. Then, an in-depth analysis of the on-street parking capacity is made on a specific study area, the Plateau-Mont-Royal borough of Montréal. The temporal variation of the on-street capacity is analyzed for different types of on-street parkings. A generalization of the procedure is made for two other areas, the boroughs of Pointe-aux-Tremble-Riviere-des-Prairies and Ahuntsic-

Cartierville. Finally, two case studies are performed using the tool in order to illustrate its ability to evaluate a wide array of parking scenarios. The first case study consists in estimating the impact, on parking capacity, of the application of a rule from the Code de la sécurité routière du Québec: the on-street parking prohibition within 5 meters from the intersection curb radius. The second case study consists in assessing incidence, on parking capacity, of a modification in the automobile fleet composition.

In Chapter 5, an analysis of the parking utilization behaviors is performed using data from the 2008 OD survey conducted in Montreal. This analysis consists in a spatio-temporal monitoring of the vehicles through the car driver trips. It allows to produce two types of outputs for an average weekday: vehicle accumulation profiles and theoretical parking capacities. The analysis has also been performed for each weekday with daily expansion factors, which allows to look at the utilization behaviors throughout a typical fall week.

Chapter 6 presents the creation of an information system on parking. This system allows, among other things, to produce a validation of the theoretical parking capacities by comparing them with the actual parking capacities estimated with the parking capacity tool. Then, a geographic information system is created, which allows to spatially analyze parking utilization and capacity. Finally, a parking indicator is proposed. It measures parking accessibility of a sample of households from the OD survey to the different on-street parking types.

In conclusion, in this research, an on-street parking capacity tool has been developed. Then, OD survey data has allowed to estimate parking utilization behaviors that have been validated with the capacity estimations in an information system. In future research, other parking types should be analyzed, in order to have a better understanding of parking supply, and to further validate the OD survey parking data.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT	VII
TABLE DES MATIÈRES	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XIII
LISTE DES FIGURES.....	XV
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XX
LISTE DES ANNEXES.....	XXI
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte	1
1.2 Problématique.....	2
1.2.1 Définition des variables.....	2
1.2.2 Les données	3
1.2.3 Les enjeux	3
1.3 Objectifs	4
1.4 Structure du document	4
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE	6
2.1 Politiques de stationnement.....	6
2.1.1 Tarification des stationnements.....	6
2.2 Utilisation des stationnements : le cas de Manhattan.....	7
2.3 Stationnement intelligent.....	7
2.4 Stratégies de diminution de l'utilisation des stationnements	8
2.4.1 Parking Cash-Out	9

2.4.2	Autres stratégies	9
2.5	Stationnement sur rue.....	9
2.5.1	Méthodes de collecte manuelle de données sur le terrain	10
2.5.2	Méthodes de collecte de données avec des outils virtuels	12
2.5.3	Modélisation du stationnement sur rue : PARKAGENT	12
2.5.4	Stationnement sur rue réservé aux résidents	13
2.5.5	Stationnement sur rue en angle	13
2.5.6	Stationnement sur rue et sécurité routière	14
2.5.7	Stratégies de diminution de l'offre de stationnement sur rue.....	14
2.6	Systèmes d'information sur les stationnements	15
2.7	Normes de conception des stationnements.....	16
2.8	Élasticité de la demande de stationnement.....	16
2.9	Stationnement et marche	17
2.10	Stationnement illégal.....	17
2.11	Stationnement et possession automobile.....	18
2.12	Stationnement et occupation du sol.....	18
2.13	Stationnement et congestion.....	19
2.14	Synthèse de la revue de littérature.....	20
CHAPITRE 3	MÉTHODOLOGIE	21
3.1	Introduction	21
3.2	Schématisation de la procédure.....	23
3.3	Sources de données	25
3.3.1	Panneaux de signalisation de la ville de Montréal	25
3.3.2	Données cadastrales	25

3.3.3	Bornes d'incendie.....	28
3.3.4	Géobase	28
3.3.5	Enquêtes Origine-Destination (OD).....	29
3.3.6	Autres données explorées.....	29
3.4	Estimation automatisée des capacités de stationnement sur rue	32
3.4.1	Compréhension de la base de données des panneaux de stationnement	32
3.4.2	Codification des panneaux de stationnement	35
3.4.3	Création d'un réseau routier détaillé	37
3.4.4	Intégration des éléments pouvant limiter ou empêcher le stationnement	40
3.4.5	Écriture d'un algorithme de calcul de la capacité réelle de stationnement	42
3.5	Estimation de l'utilisation des stationnements à l'aide des données d'enquête OD	45
3.5.1	Concept.....	45
3.5.2	Profils d'accumulation de véhicules	45
3.5.3	Capacités théoriques de stationnement	48
CHAPITRE 4	DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL SUR LA CAPACITÉ DE STATIONNEMENT SUR RUE	50
4.1	Panneaux de stationnement	50
4.1.1	Territoire à l'étude.....	50
4.1.2	Analyse descriptive	51
4.2	Capacité de stationnement sur rue.....	77
4.2.1	Variation temporelle de la capacité de stationnement sur rue.....	77
4.2.2	Généralisation de la procédure à d'autres zones d'études.....	80
4.2.3	Études de cas	88
CHAPITRE 5	UTILISATION DES STATIONNEMENTS	92
5.1	Profils d'accumulation de véhicules	92

5.2	Profils d'accumulation de véhicules par jour de la semaine	94
CHAPITRE 6 SYSTÈME D'INFORMATION SUR LES STATIONNEMENTS.....		105
6.1	Validation des capacités théoriques de stationnement	105
6.2	Système d'information géographique sur les stationnements	111
6.3	Développement d'indicateurs.....	112
6.3.1	Accessibilité des ménages au stationnement sur rue.....	113
CHAPITRE 7 CONCLUSION		119
7.1	Synthèse des travaux	119
7.2	Contributions	120
7.3	Limitations	121
7.4	Perspectives	122
BIBLIOGRAPHIE		124
ANNEXES		128

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 Facteurs influençant la recherche d'un espace de stationnement sur rue	10
Tableau 3-1 Description des champs présents dans la géobase	29
Tableau 3-2 Description des champs contenus dans la base de données des panneaux de stationnement	33
Tableau 3-3 Codification des types de flèches dans la base de données des panneaux de stationnement (source des images : (Guillemette, 2012))	34
Tableau 3-4 Exemple de codification d'un type de panneau de stationnement.....	36
Tableau 3-5 Type de clientèle concernée par le panneau.....	37
Tableau 4-1 Nombre de panneaux de stationnement selon le type de panneau	54
Tableau 4-2 Nombre de panneaux de stationnements selon le type de panneaux, pour les panneaux moins fréquents	54
Tableau 4-3 Types de panneaux de stationnements les plus fréquents	55
Tableau 4-4 Disponibilité des données nécessaires pour l'application de l'outil de capacités de stationnement sur rue par arrondissement	81
Tableau 5-1 Statistiques sur les facteurs de pondération des personnes par jour de la semaine de l'enquête OD	95
Tableau 5-2 Échantillons des déplacements auto-conducteur de l'enquête OD	95
Tableau 5-3 Capacités théoriques de stationnement sur rue gratuit de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal	98
Tableau 5-4 Capacités théoriques de stationnement réservé aux résidents de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal	100
Tableau 5-5 Capacités théoriques de stationnement sur rue (tous les types) de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal	101
Tableau 5-6 Statistiques démographiques sur les utilisateurs du stationnement de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal, par jour de la semaine	104

Tableau 6-1 Statistiques sur les véhicules par jour de la semaine	111
---	-----

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 Espace au sol occupé pour différents types de stationnements (Litman, 2013).....	19
Figure 3-1 Illustration des différents types de stationnements existant à Montréal.....	21
Figure 3-2 Schéma de la méthode de caractérisation automatique des stationnements.....	24
Figure 3-3 Illustration des bords de rue générés avec les données cadastrales.....	26
Figure 3-4 Bord de rue incomplet car obstrué par un bâtiment	27
Figure 3-5 Exemple d'un bord de rue constitué de plusieurs polygones.....	28
Figure 3-6 Carte d'occupation du sol de l'arrondissement de Plateau-Mont-Royal	31
Figure 3-7 Exemple d'un type de panneau de stationnement (Guillemette, 2012)	35
Figure 3-8 Création des bords de rue et des chaînages	38
Figure 3-9 Généralisation des chaînages pour une rue de plus de 10 mètres de largeur	39
Figure 3-10 Généralisation des chaînages pour une rue de moins de 10 mètres de largeur	39
Figure 3-11 Détermination des zones où le stationnement est permis ou interdit	41
Figure 3-12 Schéma relationnel des objets de l'outil de capacités de stationnement sur rue.....	42
Figure 3-13 Concept de construction de PAV (Source : Morency et Nazem, communication personnelle, 15 avril 2013).....	46
Figure 4-1 Arrondissements de la ville de Montréal.....	50
Figure 4-2 Panneaux de stationnement de la ville de Montréal	51
Figure 4-3 Typologie des panneaux de stationnement.....	52
Figure 4-4 Courbe de Lorenz des types de panneaux de stationnements.....	53
Figure 4-5 Variation du nombre de panneaux actifs selon la période de l'année.....	56
Figure 4-6 Nombre de panneaux de stationnement actifs selon le jour de la semaine (incluant les panneaux qui sont en vigueur tous les jours)	57
Figure 4-7 Nombre de panneaux de stationnements seulement actifs selon l'heure du jour, le lundi (en n'incluant pas les panneaux qui sont en vigueur tous les jours.....	58

Figure 4-8 Nombre de panneaux de stationnements actifs selon l'heure du jour, le samedi (en n'incluant pas les panneaux qui sont en vigueur tous les jours)	59
Figure 4-9 Nombre de panneaux de stationnements actifs selon l'heure du jour, le samedi (en n'incluant pas les panneaux qui sont en vigueur tous les jours)	60
Figure 4-10 Nombre de panneaux de stationnements actifs selon le type de restriction	62
Figure 4-11 Répartition géographique des panneaux de type autobus scolaire	63
Figure 4-12 Répartition géographique des panneaux de type autobus autre.....	64
Figure 4-13 Répartition géographique des panneaux de type handicapé.....	65
Figure 4-14 Répartition géographique des panneaux de type livraison/camions.....	66
Figure 4-15 Répartition géographique des panneaux de stationnement réservé aux résidents (vignette)	67
Figure 4-16 Répartition géographique des panneaux de type taxi	68
Figure 4-17 Répartition géographique des panneaux de type visiteurs	69
Figure 4-18 Répartition géographique des panneaux de type véhicules d'urgence	70
Figure 4-19 Répartition géographique des panneaux de type entretien	71
Figure 4-20 Répartition géographique des panneaux de type garderie	72
Figure 4-21 Répartition géographique des panneaux de type autre	73
Figure 4-22 Nombre de panneaux de stationnement actifs en fonction de la durée maximale de stationnement autorisée	74
Figure 4-23 Panneaux de stationnement autorisant un stationnement d'une durée maximale de 15 minutes	75
Figure 4-25 Panneaux de stationnement autorisant un stationnement d'une durée maximale de 60 minutes	76
Figure 4-25 Localisation de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal	77
Figure 4-26 Capacités de stationnement sur rue pour tous les types de clientèles (pour une semaine du mois de mai)	78

Figure 4-27 Capacités de stationnement sur rue réservé aux résidents (vignettes) (pour une semaine du mois de mai).....	79
Figure 4-28 Localisation des arrondissements de Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies et d'Ahuntsic-Cartierville.....	82
Figure 4-29 Capacités de stationnement sur rue gratuit pour l'arrondissement de Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies (pour une semaine du mois d'octobre)	83
Figure 4-30 Carte de l'état du stationnement sur rue pour l'arrondissement de Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies (le lundi, à 12 :00, pour une semaine du mois d'octobre)	84
Figure 4-31 Capacités de stationnement sur rue réservé aux résidents pour l'arrondissement de Ahuntsic-Cartierville (pour une semaine du mois d'octobre).....	85
Figure 4-32 Capacités de stationnement sur rue gratuit pour l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville (pour une semaine du mois d'octobre).....	86
Figure 4-33 Carte de l'état du stationnement sur rue pour l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville (le lundi, à 12 :00, pour une semaine du mois d'octobre).....	87
Figure 4-34 Carte de l'état du stationnement sur rue pour l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville (agrandissement) (le lundi, à 12 :00, pour une semaine du mois d'octobre)	88
Figure 4-35 Impact de l'application de l'interdiction de stationner à moins de 5 mètres d'un rayon de courbure d'intersection.....	89
Figure 4-36 Impact de l'application de l'interdiction de stationner à moins de 5 mètres d'un rayon de courbure d'intersection sur les stationnements permis mais restreints à un type de clientèle	90
Figure 4-37 Impact de la modification du parc automobile sur la capacité de stationnement gratuit - 25 % de voitures compactes.....	91
Figure 5-1 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal déterminé avec l'enquête OD	93
Figure 5-2 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal déterminé avec l'enquête OD, selon le motif	94

Figure 5-3 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal dérivé de l'enquête OD du stationnement sur rue gratuit par jour de la semaine.....	97
Figure 5-4 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal dérivé de l'enquête OD du stationnement sur rue réservé aux résidents par jour de la semaine.....	99
Figure 5-5 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal dérivé de l'enquête OD du stationnement (tous les types) par jour de la semaine.....	100
Figure 5-6 PAV du Plateau-Mont-Royal déterminé avec l'enquête OD selon le lieu de domicile, le lundi.....	102
Figure 5-7 PAV du Plateau-Mont-Royal déterminé avec l'enquête OD selon le lieu de domicile, le vendredi.....	103
Figure 5-8 Utilisation des stationnements selon l'âge, par jour de la semaine.....	104
Figure 6-1 Comparaison entre les capacités réelles et théoriques de stationnement sur rue gratuit	106
Figure 6-2 Ratios journaliers entre la capacité théorique (OD) et la capacité réelle de stationnement sur rue gratuit.....	107
Figure 6-3 Ratios journaliers entre la capacité théorique de stationnement sur rue réservé aux résidents (OD) et la capacité réelle de stationnement sur rue réservé aux résidents.....	109
Figure 6-4 Ratios journaliers entre la capacité théorique (OD) et la capacité réelle de stationnement sur rue	110
Figure 6-5 Carte des véhicules stationnés (OD) sur le Plateau-Mont-Royal le lundi à 6 :00	112
Figure 6-6 Exemple d'une zone tampon sur le réseau routier de 400 mètres autour du lieu de domicile d'un ménage de l'enquête OD.....	114
Figure 6-7 Carte des 100 ménages du Plateau-Mont-Royal sélectionnés aléatoirement	115
Figure 6-8 Boîtes à moustache du nombre moyen d'espaces de stationnement sur rue gratuit à moins de 400 mètres du lieu de domicile.....	116
Figure 6-9 Boîtes à moustache du nombre moyen d'espaces de stationnement réservé aux résidents à moins de 400 mètres du lieu de domicile.....	116

Figure 6-10 Boîtes à moustache du nombre moyen d'espaces de stationnement pour handicapés à moins de 400 mètres du lieu de domicile	117
Figure 6-11 Carte de l'accessibilité des ménages de l'enquête OD au stationnement sur rue gratuit	118

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

BDR : Bord de rue

CMM : Communauté Métropolitaine de Montréal

CTS : Capacité théorique de stationnement

CV : Centre-ville

GRM : Grande Région de Montréal

OD : Origine-Destination

PAV : Profil d'accumulation de véhicules

PMR : Plateau-Mont-Royal

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	128
Annexe 2	130
Annexe 3	133
Annexe 4	135
Annexe 5	137
Annexe 6	140
Annexe 7	143

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, le nombre d'automobiles dans la plupart des villes nord-américaines augmente. Cela est aussi vrai pour la ville de Montréal. Avec cette hausse, plusieurs problèmes surgissent : augmentation de la congestion, impacts environnementaux, cohabitation plus difficile entre les différents modes de transport, etc. L'augmentation de la motorisation a grandement modifié la façon dont le territoire est aménagé ; il suffit de se rendre dans une banlieue récente pour le constater. L'élément majeur que l'automobile a modifié dans l'utilisation du sol est le stationnement (Shoup, 2005). En effet, les places de stationnement occupent beaucoup d'espace, un espace qui est peu utilisé et qui pourrait être optimisé et utilisé à d'autres fins.

La gestion de l'offre et de la demande des stationnements est primordiale dans la mise en place de politiques de transport durables. Or, il s'agit d'un sujet assez peu étudié en comparaison de la sécurité routière ou de la théorie de la circulation. C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet : proposer des méthodes d'analyse des stationnements afin de mieux pouvoir les quantifier et les gérer.

1.1 Contexte

Le stationnement est un sujet qui a toujours été très présent dans l'actualité montréalaise, sans doute parce qu'il touche la mobilité de la plupart des personnes. En effet, les conducteurs doivent toujours se stationner pour se rendre à leurs lieux de destination. Mais il s'agit aussi d'un sujet qui touche l'ensemble des citoyens d'une ville. Par exemple, les propriétaires voient une partie de leurs impôts fonciers être utilisés afin d'entretenir et de réhabiliter le réseau routier, réseau dont un pourcentage non-négligeable de la superficie est utilisé pour le stationnement des véhicules sur rue. Le stationnement influence aussi la mobilité des usagers qui utilisent les modes de transport actif, qu'il s'agisse du vélo ou de la marche, en réduisant la visibilité aux intersections et en provoquant des conflits le long des tronçons de rue entre les automobilistes et les cyclistes. Même les usagers à mobilité réduite peuvent être affectés par le stationnement; par exemple les personnes qui se déplacent à l'aide de triporteurs sont souvent cachées par les véhicules qui sont stationnés le long des rues, ce qui peut provoquer des conflits avec les différents types d'usagers de la route.

Parce qu'il touche la plupart des citoyens, le stationnement est un sujet qui intéresse les professionnels du transport ainsi que les décideurs politiques. Par exemple, à Montréal, l'administration municipale a décidé de mettre en place une politique du stationnement sur son territoire. Pour ce faire, le 23 avril 2014, « Afin d'entreprendre [...] l'élaboration d'une première politique du stationnement [...], M. Denis Coderre, et [...] M. Aref Salem, annoncent que la Ville a réservé des crédits de 270 608,48 \$ en vue de réaliser le portrait et le diagnostic du stationnement [...] » (Ville de Montréal, 2014a)

L'établissement de ce portrait du stationnement est essentiel afin de cerner les problématiques de stationnement qui sont présentes à Montréal, et d'identifier les solutions possibles qui peuvent s'appliquer.

1.2 Problématique

1.2.1 Définition des variables

Un des principaux défis dans l'étude des stationnements est la définition des variables à l'étude. En effet, il s'agit d'une thématique large, qui englobe plusieurs domaines disciplinaires, et autant d'intervenants. Le concept même de stationnement compliqué à définir. Par exemple, du point de vue de l'offre de stationnement, un espace de stationnement est une surface où un véhicule peut être immobilisé pendant une certaine période de temps. Cette définition de l'offre de stationnement est très large et fait en sorte qu'il est presque impossible de connaître l'état réel de l'offre de stationnement, puisque celle-ci peut varier dans le temporellement et spatialement.

Il est aisé de penser à un propriétaire qui décide de rendre le stationnement physiquement possible sur une partie de son terrain (variabilité spatiale). Si celui-ci décide en plus (de manière illégale) d'offrir à un tiers de se stationner sur son terrain pour une certaine période de temps moyennant une compensation (monétaire ou autre), il y a là une variabilité dans le temps. Ce simple exemple permet de constater que le stationnement ne se réduit pas à un espace physique disponible en tout temps à tout le monde.

Il y a aussi différents types de stationnements qui sont disponibles pour les automobilistes. Certains sont accessibles à tous, d'autres sont accessibles à certaines clientèles (par exemple les stationnements réservés aux résidents), et d'autres sont privés. Certains sont gratuits, d'autres

nécessitent d'avoir une autorisation (par exemple une vignette), et d'autres sont payants (vignettes, stationnements privés, etc.). Les lieux de stationnement sont tout aussi variés : sur rue, ou hors-rue. Pour le stationnement hors-rue, il peut s'agir de stationnements extérieurs ou intérieurs (qu'il s'agisse de stationnements souterrains, ou dans des garages, étagés ou non). Cette multitude de types, de lieux et d'utilisation des stationnements fait en sorte que la collecte et l'analyse des données sont ardues.

1.2.2 Les données

Le stationnement est donc un sujet très large, et les données qu'il est possible de collecter et d'analyser le sont tout autant. Il existe des données sur l'offre de stationnement, qu'il s'agisse de données directes (par exemple la capacité totale d'un lot de stationnements), ou des données indirectes (par exemple les données de panneaux de réglementation de stationnement sur rue, qui permettent de déterminer s'il est possible de se stationner ou non sur un tronçon de rue). Il existe des données sur l'utilisation des stationnements, qu'elles soient directes (par exemple des relevés de transactions de stationnement payant sur rue) ou indirectes (des données financières de parcomètres). Dans certains cas il est même possible de d'estimer une utilisation des stationnements avec des données qui n'ont pas été collectées pour dans ce but; les données d'enquête Origine-Destination (OD) en sont un exemple.

L'accès aux données est un autre élément qui est important ici. En effet, certaines données, comme les données financières, peuvent être privées et sont relativement sensibles. D'autres données sont vraiment difficiles à collecter et à agréger du fait qu'il y a un grand nombre d'intervenants. Le cas du stationnement privé en est un exemple. En effet, il est illusoire de penser qu'il est possible de collecter, avec des ressources modestes, l'ensemble des espaces de stationnement qui sont possédés par l'ensemble des propriétaires de terrains, qu'ils soient résidentiels, commerciaux, industriels ou institutionnels.

1.2.3 Les enjeux

Souvent, la croyance populaire veut que le principal enjeu du stationnement soit son manque de disponibilité. D'ailleurs, la conception des stationnements s'est longtemps faite en pensant que l'offre de stationnement devait être maximisée et que de cette manière les problématiques de stationnement pourraient être réglées (Shoup, 2005).

Or aujourd'hui il semble admis par les professionnels du transport que les problématiques de stationnement sont beaucoup plus complexes et dépassent le simple manque d'offre de stationnement. En effet, la gestion du stationnement influence de nombreux aspects de la mobilité des individus; il suffit de penser à la possession automobile ou au choix modal.

Les politiques de stationnement sont donc un outil essentiel qui permet d'encourager ou de décourager certains modes de transports, et qui permet d'aménager le territoire de différentes manières. Malheureusement, les enjeux de telles politiques sont trop souvent mal compris par les experts et les décideurs. Dans cette optique, il est important de donner aux décideurs des outils et des méthodes qui permettent de prendre des décisions éclairées.

1.3 Objectifs

L'objectif principal de ce projet de recherche est de développer un système d'information sur les stationnements, dans le contexte montréalais, qui permet d'évaluer l'offre de stationnement (en termes d'espaces disponibles), ainsi que sa variabilité spatiale et temporelle. Ce système permettra ensuite d'analyser l'utilisation des stationnements.

Les sous-objectifs suivants sont poursuivis :

- Créer des outils automatisés de traitement et d'analyse des données de réglementation de stationnement de la ville de Montréal, dans le but d'étudier l'offre de stationnement sur rue ainsi que sa variabilité dans le temps et dans l'espace.
- Développer des procédures permettant d'analyser l'utilisation des stationnements à l'aide des données de déplacements de l'enquête OD.
- Développer un système d'information qui assure une intégration cohérente des estimés d'offre et des comportements d'utilisation des stationnements.
- Émettre des recommandations pour assurer une gestion adéquate des stationnements dans le contexte montréalais et québécois.

1.4 Structure du document

Le présent document est constitué de cinq parties.

La première partie, l'introduction, sert à présenter le projet de recherche, à énoncer la problématique de recherche et à énumérer les objectifs généraux et spécifiques. La deuxième section, la revue de littérature, est un résumé de l'état des connaissances dans le domaine d'étude du projet de recherche, avec les différentes manières de collecter et d'analyser les données sur l'offre et l'utilisation des stationnements, ainsi que l'impact du stationnement sur la mobilité des individus et sur l'aménagement des villes et les façons de le gérer. La troisième section, la méthodologie, expose les outils et les méthodes qui sont utilisés afin de répondre aux objectifs poursuivis. La quatrième section répond au premier objectif de recherche, qui consiste à créer un outil de capacité de stationnement sur rue à l'aide des données des panneaux de stationnement sur rue de la ville de Montréal. La cinquième section consiste en une analyse de l'utilisation des stationnements faite à l'aide des données de déplacements de l'enquête OD tenue en 2008 à Montréal, selon différents paramètres. Dans la sixième section, un système d'information intégrant les données d'offre et les estimations d'utilisation des stationnements est développé. Finalement, la conclusion présente les limitations du projet de recherche. Des recommandations sont faites et des perspectives de recherche seront énoncées.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Cette section vise à faire le point sur l'état des connaissances dans le domaine du stationnement. Plus particulièrement, il est question de la gestion des stationnements et de l'impact de celui-ci sur divers éléments, par exemple sur l'occupation du sol ou la congestion. Le stationnement est un sujet très vaste; pour cette raison la présente revue de littérature est ciblée sur les éléments se rattachant aux objectifs spécifiques du projet de recherche, à savoir l'offre de stationnement (particulièrement sur rue), ainsi que l'utilisation des stationnements.

2.1 Politiques de stationnement

Dans des conditions optimales, les politiques de stationnement peuvent être utilisées pour diminuer la congestion de manière efficace. Mais les conditions optimales, où tout le monde paie le vrai coût de son stationnement, n'existent pas (ITH, 2005; Shoup, 2005). Les politiques de stationnement sont donc un équilibre entre une activité qui génère des revenus, un désir de ne pas décourager les visiteurs et un besoin de gérer la demande en transport (Marsden, 2006). Shoup (Shoup, 1999; Shoup, 2005) soutient que les politiques de stationnement ont encouragé et continuent d'encourager l'étalement urbain en requérant trop d'espaces de stationnement, ce qui diminue la densité de développement résidentiel et commercial, et encourage la dépendance à l'automobile.

2.1.1 Tarification des stationnements

Dans une étude sur la tarification des stationnements, il a été montré que la tarification optimale de stationnement sur rue doit correspondre au coût marginal de l'offre de stationnement hors-rue à quantité optimale (Calthrop & Proost, 2006). Dans une analyse économique de la tarification du stationnement, les auteurs en arrivent à la conclusion que les lots de stationnements doivent être possédés par des individus/organisations distincts et doivent être petits. Cela aura pour effet d'éviter des tarifs de stationnement trop élevés (Anderson & de Palma, 2004).

Il existe plusieurs types de tarifications. Un de ces types est la tarification dynamique. En effet, dès 1959, Vickrey a proposé une tarification dynamique, où les frais de stationnement dépendent de la disponibilité du stationnement dans le secteur (Vickrey, 1994).

2.2 Utilisation des stationnements : le cas de Manhattan

En 1982, dans le contexte du Clean Air Act, la ville de New York a adopté des règles novatrices pour gérer le stationnement hors rue dans le centre-ville (CV) de Manhattan. Le changement majeur de 1982 était de passer de normes de stationnement minimales à des allocations maximales de stationnement. Suite à ces changements, le nombre de stationnements hors-rue est passé de 127 000 en 1978 à 102 000 en 2010.

En 2008, une étude a été commandée afin de recueillir des données sur le stationnement hors-rue au moyen d'un sondage auprès des utilisateurs, et ce afin de déterminer les caractéristiques des usagers et d'évaluer les politiques de stationnement en place dans le CV. Globalement, de 1982 à 2009, le nombre de véhicules entrant dans le CV a diminué de 118 000, alors que le nombre de déplacements à destination du CV a augmenté d'environ 364 000.

Les gens qui ont un abonnement mensuel de stationnement utilisent leur automobile de manière aléatoire : 25 % ont dit effectuer 5 déplacements ou moins par mois avec leur automobile, 38 % font de 5 à 19 déplacements par mois, et 37 % font plus de 20 déplacements par mois.

Les faits saillants du sondage sont les suivants :

- 66 % des répondants ont payé pour leur stationnement (pour les autres, c'est généralement l'employeur qui paye).
- 50 % des répondants ont stationné leur véhicule pour une durée de 3 à 12 heures.
- 65 % des répondants étaient seuls dans leur véhicule (25 % étaient deux, 10 % étaient trois ou plus).
- Pour se rendre de leur destination à leur emplacement de stationnement, 97 % des répondants ont déclaré marcher. 79 % ont dit avoir mis moins de cinq minutes pour retourner à leur espace de stationnement. (NYC Department of City Planning - Transportation Division, 2011)

2.3 Stationnement intelligent

Le stationnement intelligent, ou *smart parking*, se définit comme suit : une application de technologies avancées pour améliorer la rapidité et l'efficacité avec lesquelles un automobiliste peut localiser, réserver et payer pour obtenir un espace de stationnement (Shaheen, 2005).

Parmi ces technologies, il y a les méthodes de paiement intelligents : cartes à puce (*smart cards*), cartes sans contact, cartes de crédit/débit, etc. Ces méthodes permettent de rendre les stationnements plus attrayants et de réduire les coûts aux opérateurs. Cela permet d'optimiser les espaces de stationnement existants, et d'ainsi en augmenter la capacité (Shaheen, 2005).

Un système de stationnement intelligent a été mis sur pied dans la ville intelligente de Santander, en Espagne. Pour ce faire, 253 capteurs ont été installés sur rue dans 4 secteurs de la ville. Ces capteurs, qui enregistrent des données aux 5 minutes, permettent, à l'aide d'analyses de survie (représentation statistique du temps nécessaire pour qu'un événement subvienne) et de réseaux neuronaux (modélisation de séries temporelles avec des moyennes mobiles), de faire deux types de prédictions :

- Déterminer la probabilité qu'un espace de stationnement disponible continue d'être libre pour des intervalles de temps subséquents.
- Estimer des taux d'occupation à court terme dans les différentes zones (Vlahogianni, Kepaptsoglou, Tsetos, & Karlaftis, 2014).

Dans une évaluation du système SFpark, un système de stationnement intelligent avec une tarification dynamique implanté à San Francisco, il a été observé qu'un taux d'occupation de 85-90 % constitue un seuil après lequel il devient très difficile de trouver un espace de stationnement. De plus, la probabilité de trouver un espace de stationnement dans une zone donnée varie selon la période temporelle qui est utilisée afin de calculer les taux d'occupation de la zone (Millard-Ball, Weinberger, & Hampshire, 2013).

2.4 Stratégies de diminution de l'utilisation des stationnements

L'utilisation des stationnements est souvent difficile à gérer par les décideurs et les gestionnaires. Dans certains milieux existants où il y a une utilisation accrue des stationnements et qu'une augmentation de l'offre de stationnement n'est pas possible ou souhaitable, il faut implanter des mesures de diminution de consommation des stationnements.

2.4.1 Parking Cash-Out

Cette pratique consiste à offrir à des employés le choix entre avoir un espace de stationnement gratuit ou de ne pas avoir d'espace de stationnement, mais d'avoir un montant forfaitaire en dédommagement (Shoup & Willson, 1992).

Aux États-Unis, une étude de la pratique de parking cash-out auprès de huit compagnies a montré les effets suivants : une réduction du nombre d'automobilistes seuls de 17 %, une diminution de 12 % du nombre de véhicules-kilomètres, une augmentation du covoiturage de 64 %, une augmentation du nombre d'utilisateurs du transport en commun de 50 %, et une augmentation des modes actifs de 39 % (Shoup, 1997).

2.4.2 Autres stratégies

Une étude a été faite à Portland, en Oregon, afin d'analyser les stratégies de diminution de l'utilisation de l'automobile en solo. La stratégie consistait à instaurer des parcmètres sur rue et à offrir des abonnements mensuels réduits au transport en commun. La diminution des automobilistes conduisant seuls a été de 7 %. Le covoiturage a quant à lui augmenté de 38 % (Bianco, 2000).

L'augmentation des tarifs pour les travailleurs a pour effet de réduire l'accumulation en pointe ou de réduire le stationnement de longue durée de 20 à 50 %. La majorité de l'impact observé proviendrait cependant davantage de changements dans les comportements de stationnements que d'un changement dans le mode de transport ou dans la demande de transport (TCRP, 2005).

2.5 Stationnement sur rue

Le premier objectif de ce projet étant de créer un outil de capacité sur le stationnement sur rue, il est important de s'intéresser à la recherche qui a été faite sur la conception, la gestion et l'analyse du stationnement sur rue.

Dans une étude faite dans la ville d'Eugène, en Oregon, dans trois quartiers résidentiels, à trois périodes temporelles différentes (années 1920, 1970 et 1990), il a été observé que les taux d'occupation de stationnement sur rue sont de l'ordre de 11 %. Les modifications d'occupation du sol qui ont été apportées au cours des décennies ne semblent pas avoir eu d'impact significatif sur les taux d'occupation (Harnish, 2014).

La recherche d'un espace de stationnement sur rue peut occasionner plusieurs désagréments aux automobilistes ainsi qu'aux usagers de la route : congestion, pollution et problématiques de sécurité en sont quelques exemples (Brooke, Ison, & Quddus, 2014).

Dans une revue de littérature sur les facteurs faisant en sorte que la recherche d'un espace de stationnement sur rue soit pénible ou non, les facteurs suivants ont été retenus :

Tableau 2-1 Facteurs influençant la recherche d'un espace de stationnement sur rue

Catégorie	Facteur	Effet sur la recherche (Positif : facilite la recherche, Négatif : complique la recherche)
Temps	Recherche	Négatif
	Files d'attente	Négatif
Prix	Frais de stationnement	Négatif
	Désir de payer	Positif
Réseau et politiques de stationnement	Contrôle du stationnement illégal	Variable
	Systèmes d'information sur les stationnements	Positif
	Stationnements incitatifs	Positif
	Autopartage et covoiturage	Positif
	Avancées technologiques	Positif
	Capacité	Variable
	Végétation et ombre	Variable
Caractéristiques individuelles	Taux d'occupation et de rotation	Variable
	Socio-démographiques (âge, genre)	Variable
	Socio-économiques (salaire, scolarité)	Variable
Autre	Condition météorologiques	Variable
	Préférences non déclarées pour un type de stationnement particulier	Positif

Source : (Brooke et al., 2014)

2.5.1 Méthodes de collecte manuelle de données sur le terrain

2.5.1.1 Données d'offre

Sur rue, il est raisonnable d'estimer une longueur de 5 mètres pour chaque véhicule stationné. Il est aussi important de se rappeler que la réglementation en vigueur peut faire varier le nombre

d'espaces de stationnement selon l'heure du jour et le jour de la semaine. Parfois, il y a du marquage afin de délimiter les espaces de stationnement. Ainsi, les cases peuvent être comptées explicitement (Roess, Prassas, & McShane, 2004).

2.5.1.2 Enquête périodique (Beat Survey)

Ce type d'enquête consiste à envoyer un observateur visiter, de manière périodique, un nombre prédéterminé d'espaces de stationnement et d'enregistrer les détails sur les véhicules stationnés dans chaque espace de stationnement. La fréquence de visite sera déterminée par le but de l'enquête. Par exemple, si le but est d'identifier les véhicules stationnés à long terme, il suffit de trois ou quatre visites par jour ; cependant, cela pourrait grandement sous-estimer le nombre de véhicules stationnés pour une courte durée.

Cependant, cette approche a deux limitations majeures :

- Précision temporelle : si un site est visité à toutes les t minutes, un véhicule pourrait être stationné jusqu'à $2t$ minutes de plus que la durée de stationnement qui sera inscrite dans le relevé. Ainsi, l'erreur moyenne sur l'observation est t . Si le véhicule est observé durant n visites, la durée de stationnement sera de nt minutes.
- Sous-estimation des comptages : les véhicules qui sont stationnés pour une courte durée (moins que la fréquence de visite du site) ne seront pas comptés, ce qui sous-estimera le nombre de véhicules stationnés. L'importance de cette limite dépend du but visé par l'enquête (Roess et al., 2004).

2.5.1.3 Méthode d'enquête en continu

Si le but de l'enquête n'est pas de savoir où le véhicule s'est stationné, alors il est plus efficace de simplement enregistrer le nombre de véhicules lorsqu'ils entrent et sortent du stationnement. Avec ce type d'enquête, de grands espaces de stationnement peuvent être enquêtés avec seulement 2 ou 3 personnes. Des caméras peuvent aussi être mises à contribution afin d'analyser les données a posteriori.

Cette méthode peut aussi être utilisée pour le stationnement sur rue, typiquement un observateur peut enquêter sur 30 à 40 espaces de stationnement. De plus, des informations supplémentaires peuvent être collectées (Roess et al., 2004) :

- Chargement/déchargement de véhicules;
- Le stationnement illégal de véhicules;
- Dans le cas des stationnements payants, déterminer si le paiement a eu lieu et, le cas échéant, quand le paiement a expiré.

2.5.2 Méthodes de collecte de données avec des outils virtuels

Il n'est pas nécessaire de se rendre sur le terrain afin de collecter des données, bien que dans certains cas les visites physiques soient incontournables. En effet, certains outils virtuels permettent de collecter des données sur le stationnement sur rue. Par exemple, dans un projet de recherche sur le stationnement résidentiel, Guo (2013) a utilisé le service Google Street View afin de collecter des données sur le stationnement résidentiel sur rue, et les services Google Maps et Bing Maps afin de collecter des données sur le stationnement résidentiel hors rue.

De plus, dans son mémoire, Diallo (2013) a utilisé les services Google Street View et OpenStreetMap afin de mesurer les longueurs des zones où le stationnement sur rue est permis, de même que les superficies des zones de stationnement hors rue extérieurs.

2.5.3 Modélisation du stationnement sur rue : PARKAGENT

Un modèle sur le stationnement urbain, PARKAGENT, a été développé dans un projet de recherche de l'université de Tel-Aviv. Le modèle génère des distributions de valeurs clés, telles que le temps de recherche, la distance de marche, le coût de stationnement, etc. Une étude de cas d'un quartier de la ville de Tel-Aviv a été faite.

Les restrictions et interdictions de stationnement selon le type de véhicule ou les périodes temporelles ont été intégrées au réseau routier. Les endroits où le stationnement est interdit, mais techniquement faisable, ont été recensés.

Pour déterminer la capacité de stationnement sur rue, les auteurs se sont basés sur la capacité physique des lieux plus que sur le nombre d'espaces où il est permis de se stationner, puisque les agents de stationnement sont seulement présents de 6:30 à 21:30. La formule est la suivante (en considérant une longueur de stationnement de 4 m):

Capacité maximale de stationnement pour les résidents

$$= \left(\text{Longueur de la rue (m)} / 4 \right) \times 2 - 4 \times (\text{Nombre de segments de rue}) \\ - 3 \times (\text{Nombre de bâtiments} / 3)$$

(4 espaces de stationnements sont enlevés aux abords des intersections et une place de stationnement est enlevée pour une entrée de stationnement hors-rue dans un bâtiment, qui est présente dans un bâtiment sur 3). (Benenson, Martens, & Birfir, 2008)

2.5.4 Stationnement sur rue réservé aux résidents

Dans une étude faite à Berkeley dans trois quartiers résidentiels, des indicateurs sur le stationnement réservé aux résidents ont été développés. Un de ces indicateurs est le taux d'occupation des zones réservées aux résidents. Lors de la collecte de données durant les heures où le stationnement est réservé pour les résidents, soit de 8 :00 à 19 :00, seulement 17 % des observations avaient des taux d'occupation supérieurs à 75 %, ce qui laisse croire que les politiques de stationnement sont trop sévères. Dans de tels cas, les auteurs suggèrent d'introduire du stationnement payant de longue durée offert à tous dans les quartiers résidentiels (Moylan, Schabas, & Deakin, 2014).

2.5.5 Stationnement sur rue en angle

Selon l'ITE (1999), quatre conditions sont nécessaires afin que le stationnement sur rue en angle soit souhaitable :

- que la rue ne soit pas essentielle à la circulation de transit;
- qu'il soit possible de décourager la circulation de transit;
- que la demande en stationnement sur la rue soit prioritaire par rapport à la circulation locale;
- que la circulation soit lente et que les lieux de destination soient situés sur la rue, principalement pour des activités commerciales.

2.5.6 Stationnement sur rue et sécurité routière

Le stationnement sur rue occasionne plusieurs problématiques de sécurité routière, notamment (Farnsley, 1966) :

- la présence physique de véhicules sur la chaussée;
- l'arrêt nécessaire de véhicules afin de se stationner en parallèle;
- les véhicules sortant des espaces de stationnement;
- l'ouverture des portes du côté des voies de circulation;
- la réduction de la visibilité au croisement des entrées privées et des rues perpendiculaires à la voie de circulation.

Dans une étude de 4800 accidents aux États-Unis, il a pu être démontré que l'angle du stationnement sur rue n'a pas d'impact sur les taux d'accidents (Humphreys, Box, Sullivan, & Wheeler, 1978). Cependant, l'imposition de restrictions sur le stationnement peut réduire les taux d'accidents entre les intersections de 19 % à 75 %. En considérant les taux globaux d'accidents sur rue, les réductions seraient de l'ordre de 8 % à 30 % (Humphreys et al., 1978). Selon Box, les tronçons où le stationnement en angle est permis ont des taux d'accidents de 2 à 3 fois plus élevés que les tronçons où le stationnement parallèle (en file) est permis (Box, 2004).

2.5.7 Stratégies de diminution de l'offre de stationnement sur rue

En ce qui concerne les nouveaux développements, il est plus simple de réduire l'offre de stationnement sur rue, par exemple en construisant des rues étroites où le stationnement est interdit. Cependant, dans le cas où les rues sont déjà construites, il s'avère plus difficile de convertir du stationnement sur rue et d'en faire une autre utilisation.

Dans une étude faite en Oregon, les auteurs proposent deux possibilités pour la reconversion d'espaces de stationnement sur rue en banlieue :

- dans les villes qui sont sujettes à des précipitations importantes, il peut être intéressant de réduire les surfaces pavées, et de convertir les espaces de stationnement sur rue en bassins de rétention des eaux, ceux-ci pouvant retenir près de 100 % de l'eau de pluie;

- les espaces de stationnement peuvent aussi être convertis en espaces pouvant accueillir des jardins urbains, ce qui réduit le besoin d'acheter des denrées alimentaires chez les résidents (Harnish, 2014).

Il est aussi possible de réduire la capacité de stationnement sur rue en installant des terrasses en bordure de la rue. Dans un recensement des villes nord-américaines ayant permis ce type d'installation, les recommandations suivantes sont faites afin qu'une administration municipale puisse instaurer et gérer un programme de terrasses sur rue efficace (Brozen & Loukaitou-Sideris, 2013):

- identifier les espaces de stationnement où les taux d'occupation sont faibles dans les zones prioritaires;
- encourager une conception architecturale variée des terrasses sur rue;
- prendre en considération les besoins de la communauté;
- fournir des lignes directrices quant à la conception des terrasses;
- éviter d'alourdir le processus d'allocation et de renouvellement de permis;
- avoir des exigences d'entretien bien définies.

2.6 Systèmes d'information sur les stationnements

Un objectif majeur des systèmes d'information sur les stationnements (PGI : Parking Guidance Information) est de minimiser le temps de recherche d'un espace de stationnement. Les systèmes d'information sur les stationnements utilisent des senseurs ou des technologies de comptage de véhicules pour déterminer le nombre de places occupées. Des études sur le terrain ont été effectuées afin de déterminer la précision des systèmes automatisés de comptage de véhicules (essentiellement des détecteurs). La comparaison des comptes automatiques avec des comptes manuels montre que la précision est bonne, avec une erreur de l'ordre de 3 % (Shaheen, 2005).

Ces systèmes ont plusieurs objectifs (Shaheen, 2005) :

- économies de temps et de consommation d'énergie pour les conducteurs;
- réduction de la frustration et des conducteurs et de la congestion;
- augmentation des revenus pour les gestionnaires des espaces;

- application des règlements de stationnement accrue.

2.7 Normes de conception des stationnements

Un des guides pour la conception des espaces de stationnement est le *Parking Generation Manual*, de l'Institute of Transport Engineers (ITE). Plusieurs critiques de ce guide peuvent être faites : l'ITE base ses recommandations sur un nombre non normalisé d'études, typiquement en étudiant la demande de stationnement en pointe. En fait, seulement 78 % des recommandations du manuel sont basées sur les observations de plus d'une étude. Aussi la plupart des études sont faites en banlieue, où il n'y a pas beaucoup d'alternatives à l'automobile (Shoup, 1999). Selon Willson, les normes de stationnement en banlieue ont des effets dont les conséquences sont difficilement mesurables sur les comportements de mobilité, la densité de l'aménagement du territoire, ainsi que les coûts de développement. De plus, les normes de stationnements viennent annuler les efforts déployés afin de réduire la congestion et la pollution causées par les automobiles (Willson, 1995).

L'attitude des planificateurs en transport envers les normes de conception des stationnements est importante. Dans une étude faite auprès de 50 juridictions du sud de la Californie en 2013, les planificateurs en transport ont répondu en majorité que leur rôle consistait à assurer que le nombre d'espaces de stationnements soit adéquat, tout en mentionnant qu'il était difficile de déterminer adéquatement cette quantité (Allahyar, Brinckerhoff, & Willson, 2014).

2.8 Élasticité de la demande de stationnement

L'élasticité de la demande de stationnement (le nombre d'automobiles stationnées) par rapport aux tarifs de stationnement, qu'elle soit dérivée de manière empirique ou modélisée, varie de -0.1 à -0.6, la valeur de -0.3 étant la plus citée (TCRP, 2005). Des élasticités plus élevées correspondent parfois à des élasticités estimées dans des sites particuliers où d'autres options de stationnement sont disponibles pour et permettent une substitution plus aisée.

Dans une étude sur les scénarios de tarification de stationnement et de taxes sur la congestion, l'élasticité de la demande a été estimée à -1.2. De plus, 77 % des personnes interrogées ont déclaré être prêtes à payer pour l'acte de stationnement (Albert & Mahalel, 2006). Il semble aussi que l'élasticité de la demande de stationnement varie selon le motif de déplacement. En effet,

dans une étude faite auprès de 1007 personnes consommatrices de stationnement sur rue à Dublin, en Irlande, il a été observé que la sensibilité aux tarifs de stationnement était différente selon que le déplacement soit fait pour un motif d'affaires ou pas. Ainsi, la probabilité que les personnes effectuant des déplacements d'affaires cessent leurs activités de stationnement dans une zone tarifée est 20 % plus faible que pour des déplacements ayant un autre motif (Kelly & Clinch, 2006).

2.9 Stationnement et marche

Une étude des années 1960 dans 111 villes américaines a estimé que les automobilistes qui se stationnent pendant plus de 5 heures dans le CV marchent en moyenne de 420 à 900 pieds (128 à 274 mètres) pour se rendre à leur destination (TCRP, 2003). En supposant une vitesse de marche conservatrice de 1.5 mile/heure (2.4 km/h), cela correspond à un temps de marche de 3 à 7 minutes. Ces chiffres peuvent cependant varier grandement d'un automobiliste à l'autre puisque plusieurs automobilistes se stationnent directement à leur destination, avec des temps de marche très faibles.

Dans une étude du CV de Haifa, en Israël, Shiftan (2002) rapporte que 42 % des automobilistes qui se stationnent marchent moins de 5 minutes, 39 % marchent de 5 à 10 minutes, et 14 % marchent plus de 11 minutes.

Balcombe et York (1993) ont examiné les comportements de stationnement dans huit sites du sud de l'Angleterre. Ils ont trouvé qu'au moins 10 % des automobilistes se stationnaient à plus de 50 m de leur domicile, cette proportion étant de 30 % à 3 sites. Entre 22 et 54 % des résidents ont déclaré que cette problématique les décourageait d'acheter de meilleurs véhicules, par crainte de vandalisme. Aussi, cette problématique incite parfois les résidents à marcher au lieu de prendre leur véhicule pour faire des déplacements de courte distance.

2.10 Stationnement illégal

Dans un récent sondage, 48 % des répondants sur le stationnement illégal ont admis s'être déjà stationnés illégalement (RAC Foundation, 2004). Dans une étude faite dans six villes de Grèce, dont 3 villes situées dans l'agglomération d'Athènes et 3 petites villes grecques, les observations faites sur le terrain ont montré que les automobilistes ont tendance à se stationner le plus près

possible de leur lieu de destination, peu importe si le stationnement est légal ou non (Spiliopoulou & Antoniou, 2012).

2.11 Stationnement et possession automobile

Dans une étude faite dans la région de New York, un modèle de régression multivarié a été développé, et il a permis de déterminer que la présence de stationnement sur rue gratuit engendre une augmentation de la possession automobile de près de 9 % par les ménages qui ont du stationnement hors-rue à leur disposition à moins de 150 pieds (45 mètres) de leur domicile (Guo, 2013).

2.12 Stationnement et occupation du sol

Typiquement, les rues résidentielles de banlieue américaines ont une largeur de 36 pieds (11 mètres), avec deux voies de circulation de 8 pieds (2.4 mètres) de largeur, et deux voies de stationnement de 10 pieds (3 mètres) de largeur (Southworth & Ben-Joseph, 1995). D'ailleurs, dès 1910, Frederic Law Olmsted avançait que « le fait de fixer une largeur de rue minimale engendrerait des coûts supplémentaires inutiles pour des rues purement résidentielles, ce qui infligerait des coûts annuels prohibitifs pour les propriétaires vivant dans les villes » (Olmsted, 1910).

Les espaces de stationnement n'occupent pas le même espace selon le type de stationnement, qu'il soit sur rue ou hors-rue, ou selon le milieu, qu'il soit urbain ou en banlieue. Litman a estimé qu'un espace de stationnement sur rue en milieu urbain occupe une largeur d'environ 2.1 à 2.4 mètres et une longueur de bord de rue d'environ 6.1 à 6.7 mètres (Litman, 2013). La Figure 2-1 montre l'espace au sol occupé par différents types de stationnement, ainsi que le type d'espace qui est occupé par l'espace de stationnement.

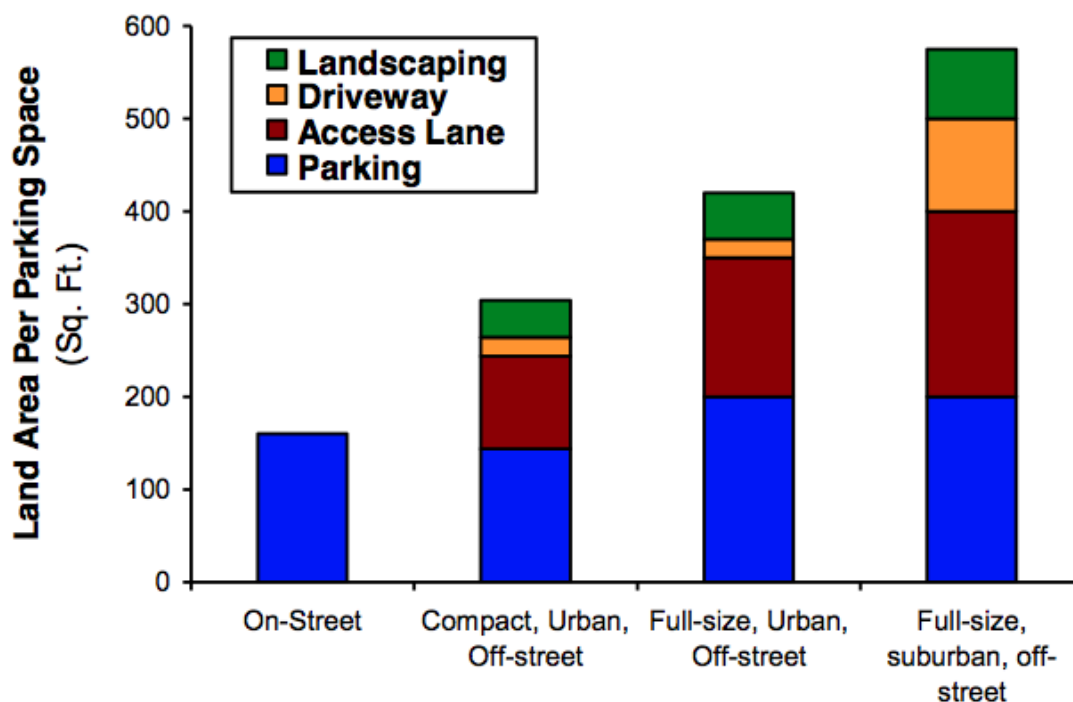


Figure 2-1 Espace au sol occupé pour différents types de stationnements (Litman, 2013)

La gestion des types de stationnements a un effet sur l'espace au sol qui est dédié pour ce type d'activité. Selon Arnott et Rowse (1999), la gestion des stationnements consiste à faire une optimisation entre le stationnement sur rue, plus accessible, mais qui augmente la friction dans la circulation, et le stationnement hors rue qui augmente les coûts de construction (à densité de construction égale).

2.13 Stationnement et congestion

La congestion, définie en termes de véhicules en mouvement dans une zone donnée, occasionnée par la recherche d'un espace de stationnement peut grandement contribuer à la congestion durant la période de pointe. Selon plusieurs auteurs, une proportion importante des véhicules circulant dans les centres urbains est à la recherche d'un espace de stationnement. Selon Arnott et Rowse (1999), cette proportion est d'environ 50 % dans les centres des villes ayant des problématiques de stationnement. De son côté, Shoup (Shoup, 2006) a estimé qu'en moyenne 30 % de la congestion est causée par des automobilistes qui sont à la recherche d'un espace de stationnement, avec un temps de recherche moyen de 8.1 minutes.

Selon Anderson, l'augmentation des tarifs de stationnement sur rue fera en sorte que plusieurs automobilistes vont directement se stationner dans des stationnements hors rue, sans préalablement chercher un espace de stationnement sur rue, ce qui tendrait à réduire la congestion causée par la recherche d'un espace de stationnement en milieu urbain (Anderson & de Palma, 2004).

En effet, le stationnement sur rue réduit la capacité des véhicules à circuler librement de deux manières :

- en supprimant des voies de circulation pour permettre le stationnement
- en rendant indisponible de manière temporaire les voies de circulation lors des manœuvres de stationnement (Box, 2004).

2.14 Synthèse de la revue de littérature

La revue de littérature a permis de montrer que le stationnement est un domaine d'étude vaste, et c'est pour cette raison que de nombreuses études sur différents aspects du stationnement ont été recensées. En ce qui concerne la collecte de données, il existe de nombreuses méthodes de collecte de données manuelles, qui sont utilisées depuis longtemps. De plus, des méthodes virtuelles de collecte de données permettent d'obtenir de l'information à distance sur le stationnement extérieur, qu'il soit sur rue ou hors rue. Cependant, qu'il s'agisse de collecte sur le terrain ou de collecte virtuelle, il ne semble pas y avoir de méthodes ou d'outils permettant d'assurer une collecte et une analyse systématique et automatisée des différentes données sur le stationnement.

Ainsi, cette revue de littérature vient confirmer le besoin de développer des méthodes permettant d'étudier de manière automatisée l'offre et l'utilisation des stationnements. Ces méthodes et ces outils doivent de plus utiliser des données qui sont existantes, accessibles et exploitables, puisque la collecte manuelle de données, qu'elle soit faite sur le terrain ou à l'aide d'outils virtuels, peut s'avérer longue, coûteuse et parfois même impossible dans l'étude systématique du stationnement sur des grandes zones d'étude.

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE

3.1 Introduction

L'étude des stationnements est un sujet de recherche complexe, dont les variables sont difficiles à cerner. Par exemple, l'offre de stationnement est multiple : les lieux de stationnements, leurs tarifs ainsi que les personnes pouvant l'utiliser varient. La Figure 3-1 illustre la complexité des attributs caractéristiques de l'offre de stationnement.

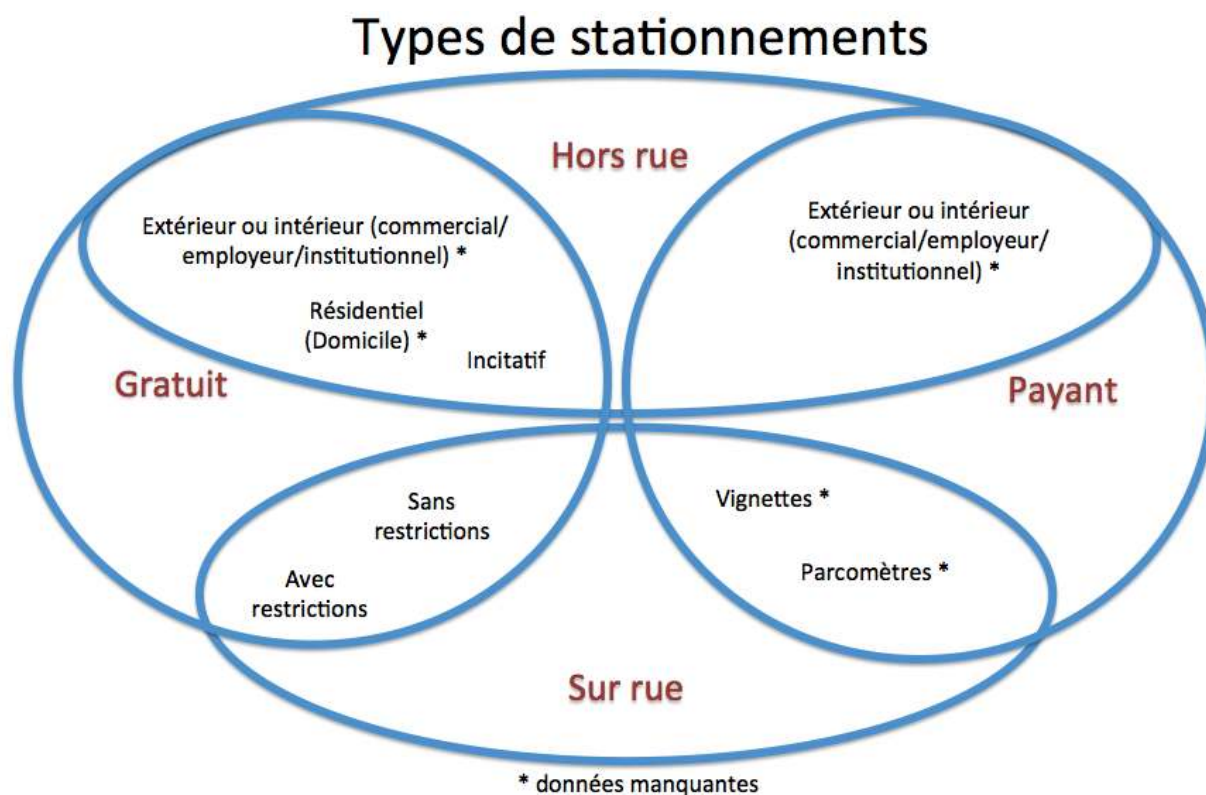


Figure 3-1 Illustration des différents types de stationnements existant à Montréal

L'étude de chaque type de stationnement implique de contacter différents intervenants, ainsi que l'acquisition, le traitement et l'analyse de différents types de données. Dans ce projet, l'acquisition de données étant un défi en soi, seuls les types de stationnements ayant des données accessibles seront étudiés. Ainsi, les stationnements payants ne seront pas étudiés, puisqu'ils impliquent souvent de contacter des intervenants du secteur privé, et il est difficile d'obtenir les données (confidentialité, concurrence entre les intervenants, etc.).

Le **premier objectif** de ce projet de recherche est de créer un outil de traitement et d'analyse des données de réglementation dans le but d'étudier l'offre de stationnement sur rue, ainsi que sa variabilité spatio-temporelle. Il importe ici de souligner l'importance de cet objectif puisque, selon toute vraisemblance, il s'agit de quelque chose qui n'a jamais été fait à Montréal. Dans son mémoire de maîtrise, Diallo (2013) a été en mesure de déterminer des profils d'accumulation de véhicules à l'aide de données de l'enquête OD. Il a fait l'hypothèse que, pour une période temporelle donnée, l'offre de stationnement correspond à la demande de stationnement, pondérée par un taux d'occupation observé sur le terrain. Cependant, dériver l'offre de stationnement à partir de leur utilisation n'apporte pas de renseignements supplémentaires et cela ne permet pas de bien comprendre l'offre de stationnement ainsi que sa variabilité. L'analyse des panneaux de stationnement sur rue permet de répondre adéquatement à cet objectif.

L'outil d'analyse de la capacité de stationnement qui a été développé permet de répondre à plusieurs questions sur la capacité de stationnement à Montréal, notamment :

- quelle est l'offre, en termes d'espaces de stationnement, dans une zone donnée ?
- Quelle est la variation temporelle de l'offre de stationnement sur rue ?
- Quelle est l'offre ainsi que la densité de stationnement selon le type de milieu (résidentiel, commercial, industriel, institutionnel) ?
- Quelle est l'offre de stationnement par habitant ou par ménage ? Ici, les données de recensement pourraient être utilisées afin de déterminer, par exemple, des indicateurs d'accès au stationnement (par exemple le nombre de places disponibles à moins d'une certaine distance du lieu de domicile des ménages).

Le **second objectif** de ce projet de recherche est de développer des méthodes et des outils d'analyse de l'utilisation des stationnements à l'aide des données d'enquête OD. Ces données vont permettre d'avoir une compréhension plus fine des comportements de stationnement des automobilistes. Plus particulièrement, les éléments suivants seront analysés :

- une typologie des utilisateurs de stationnements sera faite, afin de connaître les profils des utilisateurs de stationnements. La relation entre l'utilisation des stationnements et différentes variables peut être étudiée, notamment :
 - la taille du ménage;

- l'âge, le sexe et l'occupation du conducteur;
- l'âge, le sexe et l'occupation du (des) passager(s), s'il y a lieu;
- étude de la variabilité de l'utilisation des stationnements dans le temps et dans l'espace.

Le **troisième objectif** de ce projet de recherche consiste à créer un système d'information sur les stationnements. Cet objectif sera réalisé en deux étapes distinctes. En premier lieu, une validation des capacités théoriques de stationnement déterminées avec l'enquête OD sera faite en comparant les capacités théoriques avec les capacités réelles de stationnement déterminées avec l'outil de capacité de stationnement sur rue. Deuxièmement, des indicateurs seront développés afin de pouvoir mieux analyser l'offre et l'utilisation des stationnements.

3.2 Schématisation de la procédure

La figure 3-2 montre l'ensemble de la procédure exécutée dans ce projet de recherche afin de répondre aux objectifs spécifiques de recherche. Dans un premier temps, un outil de détermination de la capacité de stationnement est développé (voir section 3.4). Ensuite, des procédures automatisées d'estimation de l'utilisation des stationnements sont proposées et exécutées (voir section 3.5). Finalement, l'ensemble des données sont intégrées dans un système d'information permettant l'analyse simultanée de l'offre et de la demande de stationnement (voir Chapitre 6).

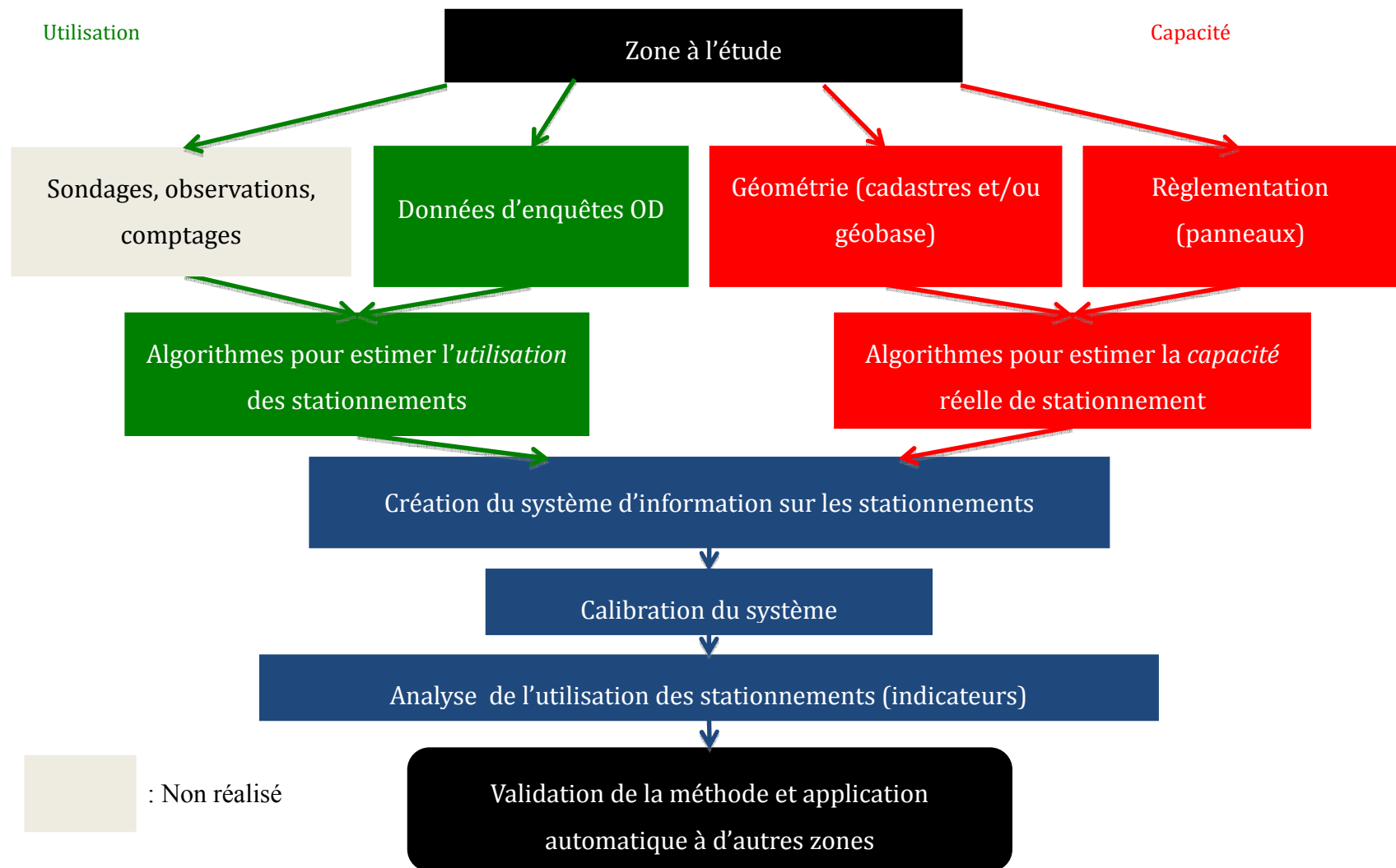


Figure 3-2 Schéma de la méthode de caractérisation automatique des stationnements

3.3 Sources de données

De nombreuses sources de données seront utilisées dans ce projet, il s'agit d'ailleurs d'un des défis auxquels l'analyste est confronté pour soutenir l'étude des stationnements. Évidemment, la section qui suit propose une liste non exhaustive de sources de données. En effet, l'étude des stationnements peut être faite en utilisant un grand nombre de sources de données. Les données qui sont présentées sont donc celles qui sont utilisées dans ce mémoire, c'est-à-dire les données qui ont été mises à notre disposition pour fins de recherche.

3.3.1 Panneaux de signalisation de la ville de Montréal

Dans une perspective d'ouverture des données, la ville de Montréal a créé un portail de données ouvertes. Parmi les données qui ont été libérées, il y a les panneaux de signalisation. Parmi les différents types de panneaux de signalisation, deux types sont utilisés dans ce projet :

- les panneaux de stationnement;
- les panneaux d'arrêts d'autobus.

Les panneaux de stationnement indiquent aux conducteurs de véhicules moteurs s'ils peuvent ou non se stationner en bordure de rue. Ces données vont permettre de déterminer la capacité de stationnement d'un tronçon de rue en fonction du temps.

Les panneaux d'arrêts d'autobus sont similaires aux panneaux de stationnement, sauf que, sauf que ces panneaux interdisent généralement l'arrêt en tout temps entre la position du panneau et l'intersection la plus proche.

La base de données utilisée dans ce projet de recherche a été récupérée sur le portail de données ouvertes le 28 mai 2013 (Ville de Montréal, 2014b).

3.3.2 Données cadastrales

3.3.2.1 Description

Les données cadastrales de l'ensemble de l'île de Montréal ont été obtenues auprès de Manon du Ruisseau, bibliothécaire à l'École Polytechnique de Montréal. Ces données proviennent de la ville de Montréal. Elles recensent l'ensemble des éléments bâtis dans la ville de Montréal. Ces

données sont importantes dans l'estimation de la capacité de stationnement puisqu'elles permettent de prendre en compte les éléments affectant la capacité de stationnement des tronçons de rue. Ces éléments sont les suivants :

- entrées privées;
- ruelles;
- rayons de courbure d'intersections.

De plus, ces données fournissent de l'information sur les tronçons eux-mêmes, puisque certaines plages d'information représentent les bordures de rue (voir Figure 3-3), les trottoirs et les ruelles.

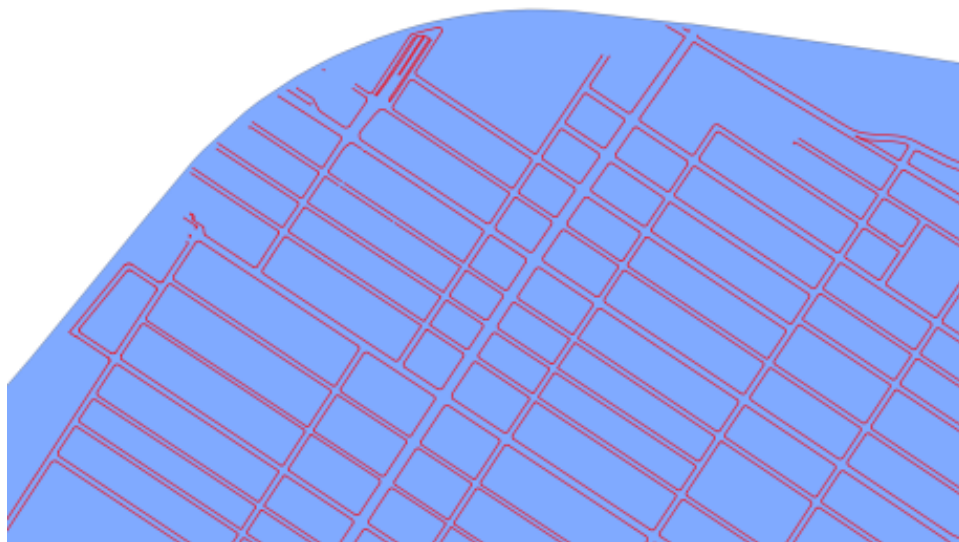


Figure 3-3 Illustration des bords de rue générés avec les données cadastrales

3.3.2.2 Problématiques liées à l'utilisation des données cadastrales

L'utilisation des données cadastrales dans le but de générer un réseau routier détaillé a posé plusieurs problèmes. En effet, le réseau routier généré avec les données cadastrales n'est pas utilisable pour les raisons suivantes :

- il y a des coupures à certains endroits du réseau. Cela peut probablement s'expliquer par le fait que la source de données qui a été utilisée pour constituer les données cadastrales est constituée d'orthophotos sur lesquelles les couches d'informations ont été dessinées. Ainsi, si un arbre ou un bâtiment situé près d'un bord de rue (BDR) et qu'il l'obstrue sur l'orthophoto, il y aura une coupure dans le BDR. La Figure 3-4 illustre un exemple de

bâtiment qui obstrue le bord de la rue, ce qui se traduit par une coupure dans la couche des bords de rue.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 3-4 Bord de rue incomplet car obstrué par un bâtiment

- Il y a plusieurs polygones qui sont présentes sur un même bord de rue entre deux intersections, tel qu'illustré à la Figure 3-5. Cela devient rapidement problématique, puisque les panneaux de stationnement peuvent s'appliquer sur l'ensemble d'un bord de rue, ce qui signifie qu'avec un tel réseau, un panneau de stationnement pourrait s'appliquer à plusieurs polygones, rendant rapidement les calculs complexes.



Figure 3-5 Exemple d'un bord de rue constitué de plusieurs polygones

3.3.3 Bornes d'incendie

Les bornes d'incendie proviennent elles aussi du portail de données ouvertes de la ville de Montréal. Il s'agit d'une couche de points géoréférencés. Les données sur les bornes d'incendie couvrent l'ensemble du territoire de l'île de Montréal.

3.3.4 Géobase

La géobase est une couche d'information qui représente l'ensemble du réseau routier du Québec. Celle-ci provient du site internet d'adresses Québec. Chaque lien routier est représenté par une ligne qui est située au centre du lien. Les champs qui sont contenus dans la géobase sont présentés au Tableau 3-1 :

Tableau 3-1 Description des champs présents dans la géobase

Champ	Description
ID_TRC	Identifiant unique du tronçon
TYPE	Type de tronçon
LIEN	Article du nom du tronçon
NOM_VOIE	Nom du tronçon
ORIENT	Orientation du tronçon
DEB_GAU	Début des adresses à gauche, si disponible
FIN_GAU	Fin des adresses à gauche, si disponible
DEB_DRO	Début des adresses à droite, si disponible
FIN_DRO	Fin des adresses à droite, si disponible
MUN_GAU	Municipalité à gauche du tronçon
MUN_DRO	Municipalité à droite du tronçon
SENS_CIRC	Sens de circulation du tronçon (0 si bidirectionnel, -1 ou 1 si à sens unique)

3.3.5 Enquêtes Origine-Destination (OD)

L'enquête Origine-Destination est une enquête téléphonique conduite aux 5 ans et qui dresse un portrait de la mobilité des personnes dans la grande région de Montréal (GRM). Les résultats de cette enquête vont permettre d'estimer la demande de stationnement, puisque chaque personne sondée dresse la liste des déplacements que les membres de son ménage ont effectués la veille, et indique s'il y a eu des déplacements faits en conduisant une automobile, avec des informations sur le type de stationnement et le mode de paiement utilisés, s'il y a lieu.

3.3.6 Autres données explorées

Les données qui suivent sont des données qui contiennent et/ou peuvent fournir de l'information sur les stationnements. Ces données ont été étudiées durant la phase exploratoire du projet de recherche mais n'ont pas été analysées plus en profondeur pour les raisons suivantes :

- bien qu'elles contiennent de l'information sur les stationnements, elles ne permettent pas de répondre aux objectifs du projet de recherche;
- tel que discuté précédemment, les données qu'il est possible d'analyser sont presque illimitées. Ainsi, il n'y avait pas assez de temps dans ce projet pour valoriser ces données.

3.3.6.1 Orthophotos

Les orthophotos sont des photos aériennes de haute résolution. Ces photos ont été obtenues grâce à la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM). Elles peuvent servir de source de données afin de déterminer les capacités de stationnement hors rue. En effet, en utilisant le marquage au sol, des algorithmes de traitement d'image permettent de quantifier le nombre d'espaces de stationnement sur une image donnée.

3.3.6.2 Données des propriétaires de stationnement

Certains propriétaires qui exploitent des espaces de stationnement publient de l'information concernant leurs stationnements. Un exemple sur internet est la compagnie Vinci, qui fournit l'adresse ainsi que le nombre d'espace de stationnements des sites qu'elle exploite.

3.3.6.3 Données Open Street Map

Les données Open Street Map sont des données cartographiques ouvertes au format XML. Ces données sont collectées et mises à jour par les membres de la communauté Open Street Map. Il n'y a donc aucune garantie sur l'exactitude et sur la couverture des données. Ces données peuvent cependant servir dans le cas d'une validation de données officielles.

3.3.6.4 Données sur l'occupation du sol

Les données sur l'occupation du sol sont disponibles sur le site internet de la CMM (Communauté Métropolitaine de Montréal, 2014). Il s'agit de couches de polygones par type d'occupation du sol, tel que montré à la Figure 3-6. Les types d'occupation du sol suivants pourraient être intégrés dans un système d'information géographique d'occupation du sol intégrant les différents types de stationnement :

- le réseau routier (rues et ruelles);
- les bâtiments (résidentiel ou autre);
- les polygones représentant les lots de stationnement.

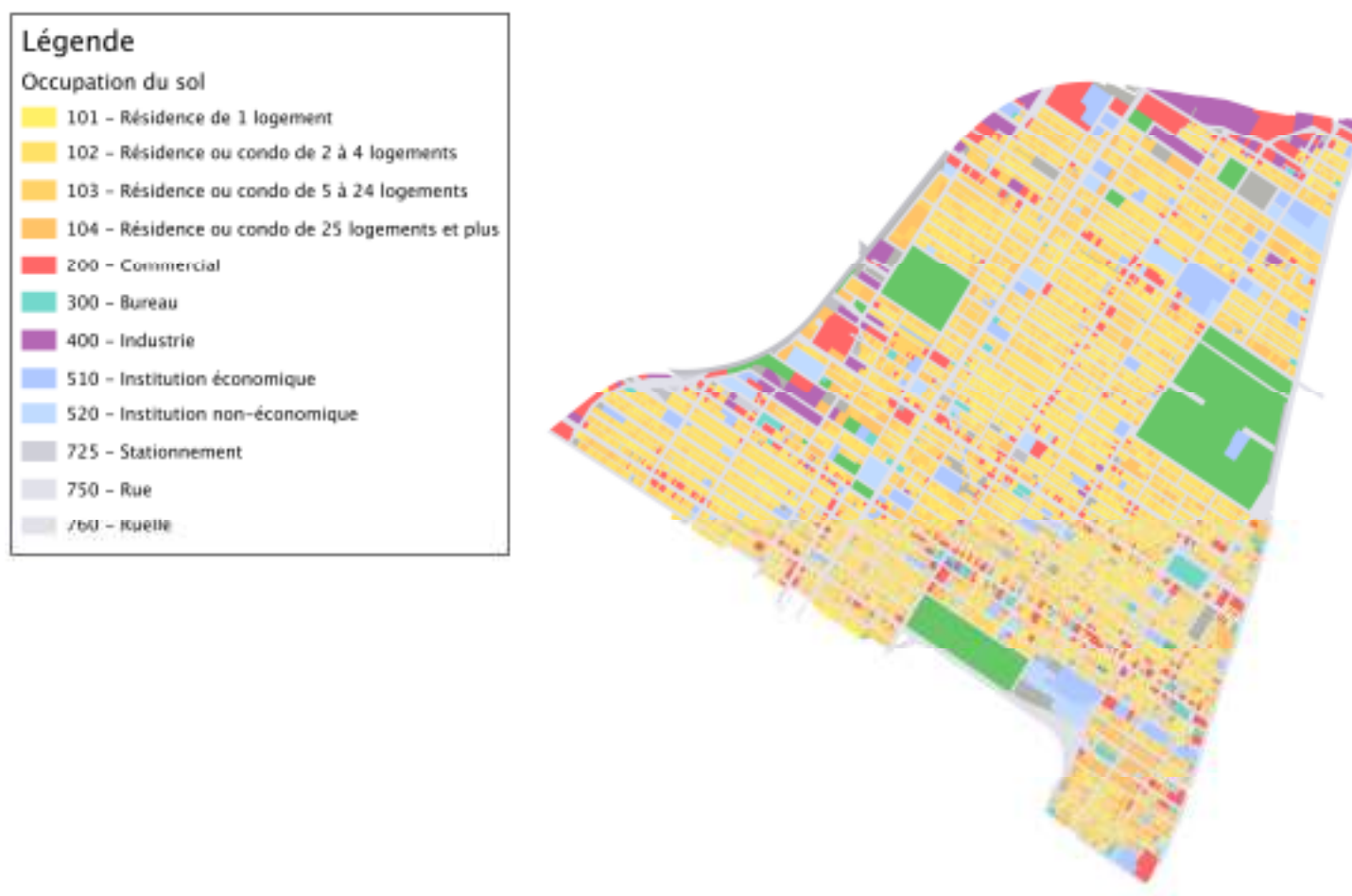


Figure 3-6 Carte d'occupation du sol de l'arrondissement de Plateau-Mont-Royal

3.4 Estimation automatisée des capacités de stationnement sur rue

La détermination des capacités de stationnement sur rue peut se faire manuellement, tel qu'il a été démontré à la section 2.5.1, mais les sources de données actuelles permettent une estimation des capacités de stationnement sur rue et ce, de manière automatisée. En effet, les données de panneaux de stationnement contiennent l'information nécessaire afin de construire un outil d'estimation des capacités de stationnement sur rue, selon l'horaire et le type d'utilisateur autorisé. Il est donc possible de créer un outil de détermination de la capacité de stationnement sur rue. Les étapes menant à la création de l'outil sont les suivantes; elles sont décrites dans les sections qui suivent :

- compréhension de la base de données des panneaux de stationnement de la ville de Montréal;
- codification des panneaux de stationnement;
- création d'un réseau routier détaillé au niveau des bords de rue, avec des chaînages;
- intégration des éléments limitant ou empêchant le stationnement;
- écriture d'un algorithme permettant de déterminer la capacité réelle de stationnement.

3.4.1 Compréhension de la base de données des panneaux de stationnement





Le Tableau 3-2 illustre l'ensemble des champs contenus dans la base de données des panneaux de stationnement, leur type, une description, ainsi que la plage des valeurs possibles.

Tableau 3-2 Description des champs contenus dans la base de données des panneaux de stationnement

Champ	Type	Description	Plage de valeurs
DESCRIPTION_REP	Texte	État du panneau	-
DESCRIPTION_RTP	Texte	État physique du panneau	-
DESCRIPTION_CAT	Texte	Type de panneau	STATIONNEMENT
FLECHE_PAN	Nombre Entier	Type de flèche sur le panneau	[0,2,3,8,10,11,17,22]
DATE_CONCEPTION_POT	Date	Date de conception du poteau	[19691231000000; 20120802000000]
POTEAU_ID_POT	Nombre Entier	Identifiant unique du poteau	[38;221851]
DESCRIPTION_RPA	Texte	Information textuelle contenue sur le panneau	-
Longitude	Nombre décimal	Longitude du panneau (degrés décimaux)	[-73.808;-73.479]
POTEAU_VERSION_POT	Nombre Entier	Version du poteau	[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18]
PANNEAU_ID_RPA	Nombre Entier	Identifiant du type de panneau	[1,15775]
CODE_RPA	Texte	Code du type de panneau	[AD-CD;SX-JK]
X	Nombre Entier	Coordonnées en X du panneau, NAD83 MTM Zone 8	[280726;306433]
Y	Nombre Entier	Coordonnées en Y du panneau, NAD83 MTM Zone 8	[5032150;5062442]
Latitude	Nombre décimal	Latitude du panneau (degrés décimaux)	[45.429;45.701]
PANNEAU_ID_PAN	Nombre Entier	Identifiant unique du panneau	[57,902324]

Concernant les flèches sur les panneaux, il n'y avait pas de dictionnaire afin de déterminer ce que le numéro de flèche représente. L'utilisation d'outils virtuels de type Google Street View a permis de déterminer la codification des types de flèches, qui est présentée au Tableau 3-3.

Tableau 3-3 Codification des types de flèches dans la base de données des panneaux de stationnement (source des images : (Guillemette, 2012))

FLECHE_PAN	Description	Image
0	Aucune Flèche	
17		
2	Flèche vers la gauche (indique le début d'une zone d'interdiction)	
3	Flèche vers la droite (indique la fin d'une zone d'interdiction)	
8	Flèche vers la gauche et la droite (indique que l'interdiction s'applique à gauche et à droite du panneau, essentiellement pour les culs-de-sac)	
10	Flèche inclinée vers la gauche (Outremont et Saint-Léonard)	
11	Flèche inclinée vers la droite (Saint-Léonard)	
22	Flèche inclinée vers la droite (Outremont et Saint-Léonard)	

En ce qui concerne le type de flèche 17, il s'agit probablement d'une erreur de codification, puisqu'il n'y a qu'un seul panneau de stationnement associé, dans le Sud-Ouest. Il est aussi à noter que les flèches inclinées de type 10, 11 et 22 se retrouvent dans uniquement dans des arrondissements fusionnés de la ville de Montréal (Outremont et Saint-Léonard).

3.4.2 Codification des panneaux de stationnement

Afin de pouvoir analyser la base de données de panneaux de stationnement, une codification de ceux-ci a dû être faite. Cette codification permet de définir plusieurs paramètres de la réglementation, notamment :

- la durée maximale de stationnement autorisée, si applicable;
- la plage temporelle sur laquelle s'applique la réglementation, en termes horaires (de 0 à 24 heures), journaliers (du lundi au dimanche) ou annuels (les jours de l'année sont exprimés en entiers, de 1 à 365, en négligeant les années bissextiles).
- dans le cas d'une restriction sur le type de véhicule, celui-ci est spécifié (livraison, taxi, stationnement sur rue réservé aux résidents, etc.).

L'exemple de panneau présenté à la Figure 3-7 permet de mieux comprendre la codification qui est effectuée.



Figure 3-7 Exemple d'un type de panneau de stationnement (Guillemette, 2012)

Le panneau illustré à la Figure 3-7 possède un code d'identification unique, aussi appelé code RPA. Le code de ce type particulier est *SB-BF* et sa description textuelle dans la base de donnée est la suivante : *\P 07h-09h LUN. MER. 1 MARS AU 1 DEC.* À partir de cette information, la codification peut être faite et le résultat est montré au Tableau 3-4:

Tableau 3-4 Exemple de codification d'un type de panneau de stationnement

CODE_RPA	SB-BF
DESCRIPTION	\P 07h-09h LUN. MER. 1 MARS AU 1 DEC.
DUREE_MAXIMALE_MINUTES	
Q	0
LU	1
LU_DEBUT	7
LU_FIN	9
MA	0
ME	1
ME_DEBUT	7
ME_FIN	9
JE	0
VE	0
SA	0
DI	0
ANNUEL	0
DATE_DEBUT_1	60
DATE_FIN_1	335
TYPE	

Les champs correspondant à la durée maximale permise (DUREE_MAXIMALE_MINUTES) et au type de véhicule (TYPE) sont vides car ils ne s'appliquent pas à ce type de panneau. Plusieurs variables booléennes ont été créées, notamment : Q (si la réglementation est quotidienne ou pas), LU, MA, ME, JE, VE, SA, DI (si la réglementation s'applique le lundi, le mardi, le mercredi, le jeudi, le vendredi, le samedi, le dimanche, ou pas), et ANNUEL (si l'interdiction s'applique toute l'année ou pas). À noter, pour cet exemple, que certains champs qui ne s'appliquent pas ont été omis. Une description de l'ensemble des champs se trouve à l'Annexe 1.

Le champ TYPE correspond au type de clientèle concernée par le panneau, si applicable. La codification est la suivante (voir le Tableau 3-5):

Tableau 3-5 Type de clientèle concernée par le panneau

Type de clientèle visée	code
autobus scolaire	1
autobus autre	2
handicapé	3
livraison/camions	4
résidents (vignette)	5
taxi	6
visiteurs	7
véhicules d'urgence	8
entretien	9
garderie	10
autre	11

3.4.3 Création d'un réseau routier détaillé

La première étape consiste à constituer un réseau routier plus détaillé que celui qui est présent dans la géobase. En effet, le réseau routier des centres de voies contenu dans la géobase ne permet pas d'associer les panneaux de stationnement au bord de rue (BDR) le plus près. Pour ce faire, il faut créer un réseau routier détaillé qui contient deux polygones pour chaque lien routier, c'est-à-dire une polygone pour chaque BDR.

Le principal défi consiste à déterminer le décalage des bordures par rapport aux lignes de centre. En effet, plus le décalage est grand, plus les longueurs de bordures sur le réseau vont diminuer. La seule information permettant de supposer une largeur de voie dans la géobase est le champ TYPE, qui associe un type de voie au lien routier, par exemple un boulevard ou une rue. Il est cependant ardu de tenter d'estimer la largeur d'un lien routier selon son type. Par exemple, un boulevard est généralement plus large qu'une rue, mais certaines rues peuvent être plus larges que d'autres (par exemple le boulevard Saint-Laurent a, sur une certaine partie de sa longueur, seulement deux voies de circulation ainsi que deux voies de stationnement, alors que la rue Saint-Denis a, sur la majorité de sa longueur, quatre voies de circulation ainsi que deux voies de stationnement).

La méthode utilisée consiste donc à créer des lignes représentant les BDR, ces lignes étant distantes de 5 mètres des lignes de centre de la géobase. La largeur moyenne de rue utilisée est donc de 10 mètres, tel qu'illustré à la Figure 3-8. Une fois les BDR créés, il est possible de créer les chaînages le long de ceux-ci. Ici, la distance entre les chaînages a été fixée à 2 mètres, afin de ne pas trop alourdir les calculs, tout en gardant une précision acceptable. La création des BDR et des chaînages est exécutée de manière automatique avec un script python qui appelle le logiciel Grass, un système d'information géographique, qui permet de créer ces deux types d'éléments. Les chaînages jouent plusieurs rôles :

- les chaînages vont être utilisés dans l'analyse spatiale, puisque des éléments physiques, comme les panneaux de stationnement, vont leur être associés.
- ils permettent de déterminer la longueur de stationnement sur rue disponible, puisqu'un état peut leur être associé.

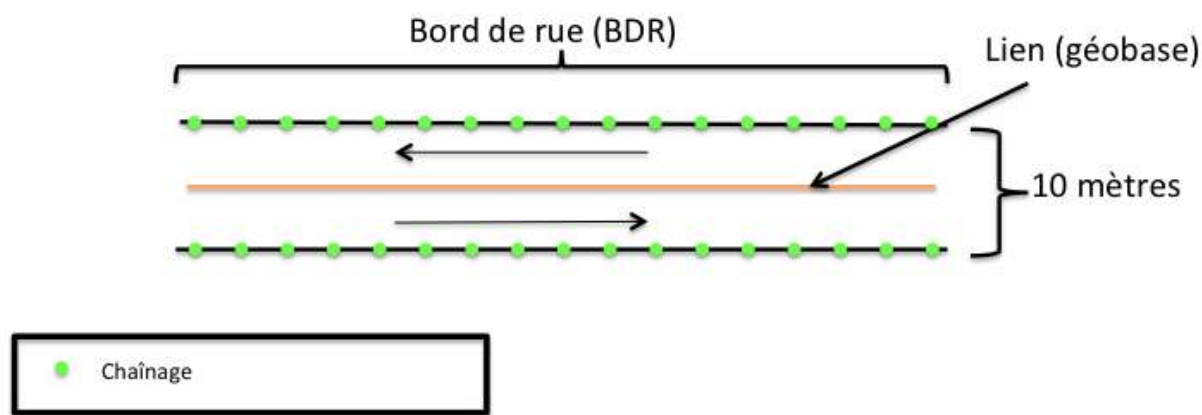


Figure 3-8 Création des bords de rue et des chaînages

La largeur de la rue a une influence sur les longueurs de BDR, puisqu'elle influence le périmètre des pâtés de maison. Cependant, la prise en compte des positions de début et de fin de rayon de courbure fait en sorte que la longueur totale des BDR d'un pâté de maison (et incidemment pour une rue) est la même peu importe la largeur de rue qui est sélectionnée. La Figure 3-9 illustre la situation d'une rue dont la largeur est supérieure à 10 mètres alors que la Figure 3-10 illustre la situation d'une rue dont la largeur est inférieure à 10 mètres.

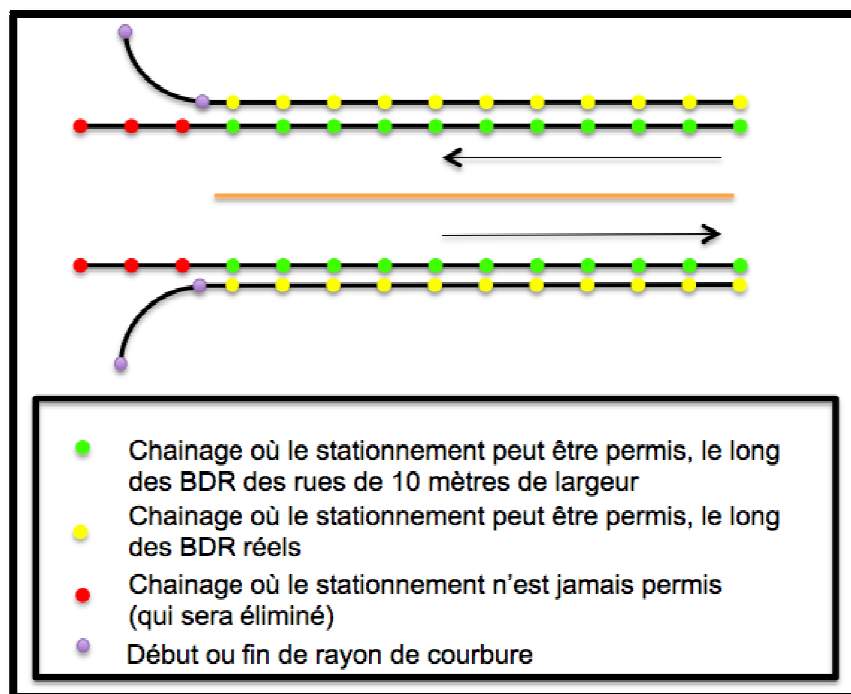


Figure 3-9 Généralisation des chaînages pour une rue de plus de 10 mètres de largeur

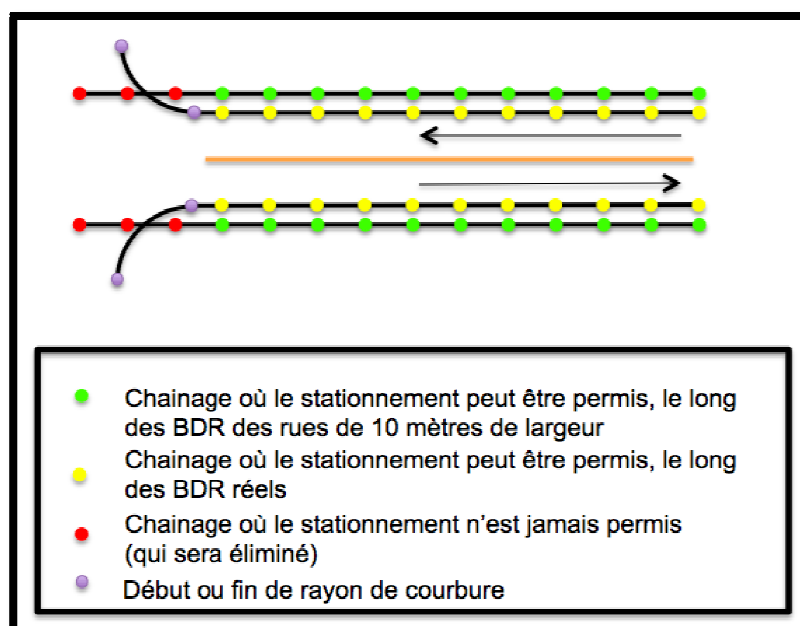


Figure 3-10 Généralisation des chaînages pour une rue de moins de 10 mètres de largeur

L'ajout de la couche d'information des rayons de courbure permet de compenser pour une largeur de rue réelle qui est différente de 10 mètres. Les BDR, ici représentés par les chaînages verts et jaunes qui se trouvent entre les rayons de courbures, sont les mêmes qu'ils soient calculés le long des BDR réels ou le long des BDR virtuels des rues de 10 mètres de largeur.

3.4.4 Intégration des éléments pouvant limiter ou empêcher le stationnement

Une fois le réseau routier discrétisé au niveau des chaînages de BDR, il est possible d'y intégrer les éléments pouvant limiter ou empêcher le stationnement. Cette intégration se fait en calculant, pour chaque élément, une matrice de distance entre l'élément et les chaînages. Cette opération est aussi faite en utilisant un script python qui appelle le logiciel Grass. De cette manière, les éléments sont associés au chaînage le plus près d'un BDR d'un lien routier. Il est important de préciser qu'en ce qui concerne les éléments linéaires provenant des données cadastrales (rayons de courbure, entrées privées et ruelles), une discrétisation des éléments a été faite de manière à pouvoir calculer la distance entre les éléments et les chaînages. Cette discrétisation a pris la forme de la création de points aux extrémités de chaque polyligne. Ces éléments ont été présentés dans les sections 3.3.1 à 3.3.3, et sont présentés de manière schématique à la Figure 3-11. L'intégration de ces éléments permet de déterminer les zones où le stationnement est permis et celles où le stationnement est interdit.

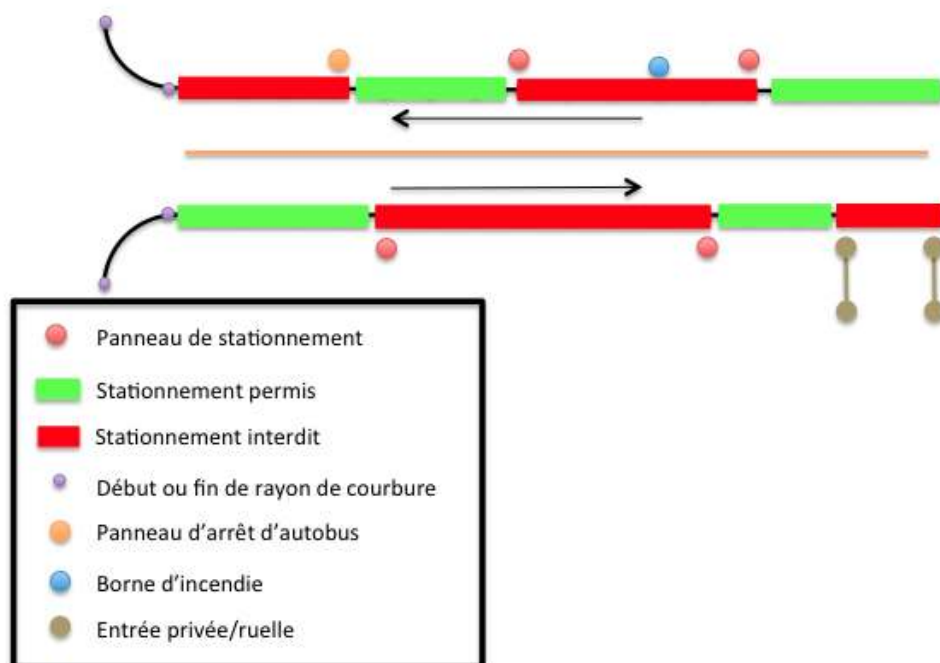


Figure 3-11 Détermination des zones où le stationnement est permis ou interdit

La Figure 3-12, quant à elle, montre les différents objets qui sont présents dans l'outil d'estimation de la capacité de stationnement sur rue, avec, pour chaque élément, les attributs (au minimum afin que l'outil soit opérationnel) ainsi que les relations entre chaque objet.

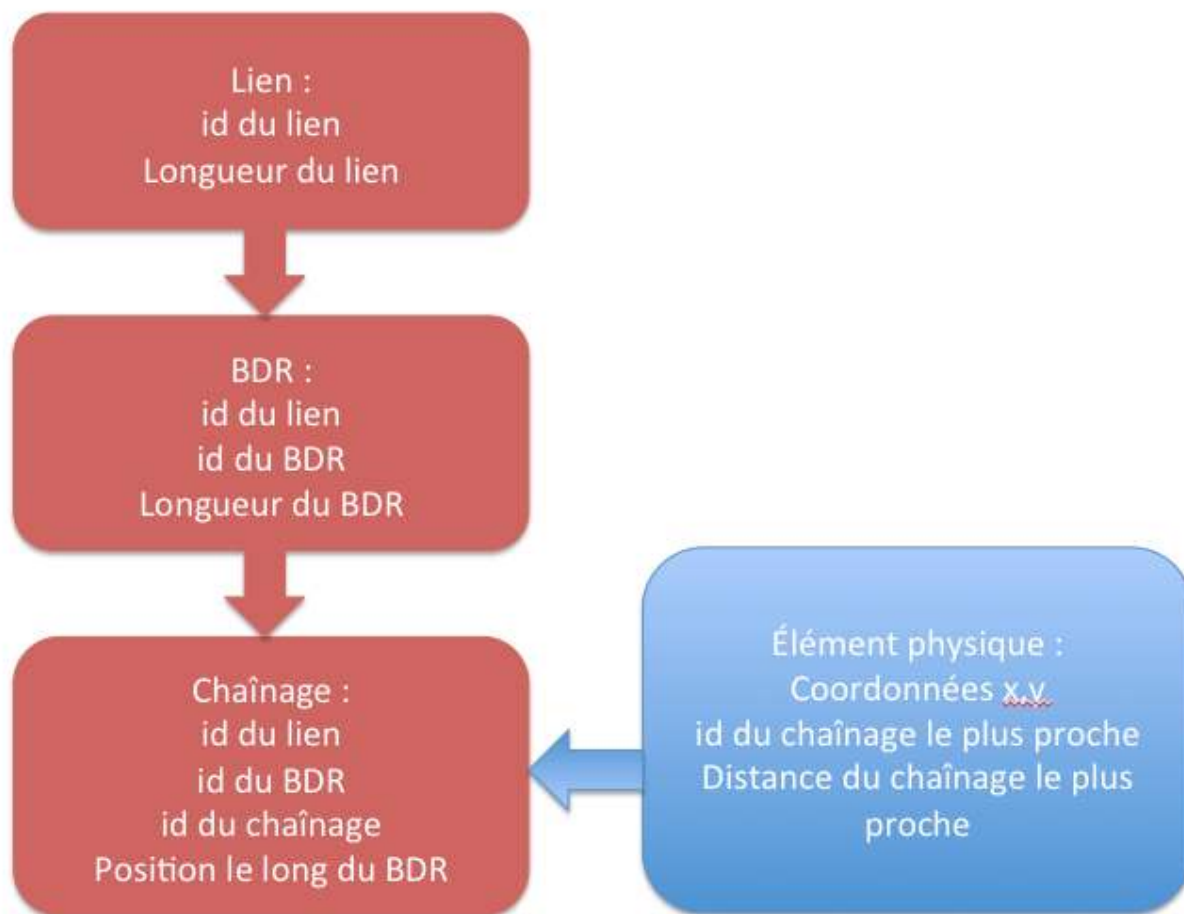


Figure 3-12 Schéma relationnel des objets de l'outil de capacités de stationnement sur rue

3.4.5 Écriture d'un algorithme de calcul de la capacité réelle de stationnement

Une fois que le réseau adéquat a été créé et que les éléments affectant les capacités de stationnement ont été intégrés et associés au réseau routier, il est possible de calculer des capacités. Les algorithmes de calcul sont exécutés à l'aide de scripts écrits dans python, un langage de programmation.

Plusieurs paramètres doivent être spécifiés au script afin qu'il soit exécuté :

- la zone d'étude (qui pour l'instant ne peut être qu'un arrondissement de la ville de Montréal puisque les polygones des arrondissements sont utilisés et que les données nécessaires ont certaines particularités selon les arrondissements);
- la période temporelle d'analyse (le mois, le jour et l'heure);

- la durée maximale de stationnement.

Par la suite, le programme calcule, pour chaque BDR, l'état des chainages, en considérant chaque élément restrictif. Les zones d'application correspondant aux éléments restrictifs sont les suivantes :

pour les panneaux d'interdiction de stationnement sur rue, deux cas sont possibles. Si les panneaux ont des flèches, la zone d'application de la restriction sera délimitée par des flèches de début et de fin de la zone (voir le Tableau 3-3 Tableau 3-3).

- pour les types de flèches). Si les panneaux n'ont pas de flèche, cela signifie que la restriction s'applique à l'ensemble du BDR. Il est à noter qu'une ruelle ou une entrée privée n'interrompent pas les zones de stationnement; seulement les intersections le font.
- pour les panneaux d'arrêts d'autobus, la zone d'application est située en aval du panneau, et se prolonge jusqu'à l'intersection la plus proche.
- pour les bornes d'incendie, la zone d'interdiction débute 5 mètres en amont de la borne d'incendie et se termine 5 mètres en aval de celle-ci.
- pour les rayons de courbure, deux cas sont possibles. S'il y a un rayon de courbure rattaché au BDR, cela signifie que pour tous les chaînages qui se trouvent entre le début/la fin du BDR et le rayon de courbure, le stationnement est interdit. Si aucun rayon de courbure n'est rattaché au BDR, l'hypothèse qui est faite est que la distance entre le début/la fin de l'intersection et le rayon de l'intersection est la même que la moyenne de ce type de distance pour la zone d'étude (cette moyenne ayant été calculée précédemment).
- pour les ruelles et les entrées privées, les lignes délimitent le début et la fin de chaque ruelle/entrée privée. Ces lignes sont détectées selon un attribut dans la base de données des données cadastrale qui indique qu'il s'agit d'entrées privées ou de ruelles. Il n'est cependant pas possible de savoir si une ligne correspond au début ou à la fin d'une zone. L'hypothèse qui a été faite est que si deux lignes sont distantes de moins de 20 mètres, elles constituent les limites d'une entrée privée ou d'une ruelle.

En ce qui concerne la longueur moyenne intervéhiculaire, sauf mention contraire, elle est posée égale à 7 mètres. En effet, le *Manual on Uniform Traffic Control Devices* suggère une distance intervéhiculaire pour le stationnement sur rue en parallèle variant entre 22 pieds (6.7 mètres) et 26 pieds (7.9 mètres) (Federal Highway Administration, 2009).

Plusieurs autres règlements sur le stationnement doivent être considérés dans la détermination de la capacité de stationnement sur rue, par exemple le fait qu'un véhicule a le droit d'être stationné dans une zone réservée aux résidents même s'il ne possède pas de vignette si et seulement s'il effectue le chargement ou le déchargement de marchandises, et ce pour une durée maximale de 60 minutes (Ville de Montréal, 2001). Ils ne sont cependant pas considérés dans les algorithmes,

en raison de la difficulté de les modéliser. Plus d'informations sur les règlements sur le stationnement de la ville de Montréal sont disponibles à l'Annexe 2.

3.5 Estimation de l'utilisation des stationnements à l'aide des données d'enquête OD

Afin d'analyser l'utilisation des stationnements, plusieurs méthodes de collecte de données viennent d'être présentées. Il existe cependant d'autres données qui permettent d'estimer l'utilisation des stationnements qui est faite dans une zone d'étude. Les données d'enquêtes Origine-Destination peuvent en effet servir à dériver des statistiques sur l'utilisation des stationnements.

3.5.1 Concept

Le concept d'évaluation de l'utilisation des stationnements à l'aide de données d'enquêtes OD a déjà été introduit par plusieurs auteurs (Morency, Saubion, & Trépanier, 2006; Tong, Wong, & Leung, 2004). La méthodologie qui est utilisée consiste à suivre de manière spatiotemporelle les véhicules en utilisant les déplacements de l'enquête OD effectués en auto-conducteur. Avec cette méthode, il est possible d'estimer deux types de statistiques sur les stationnements : les profils d'accumulation de véhicules (PAV), ainsi que les capacités théoriques de stationnement (CTS).

3.5.2 Profils d'accumulation de véhicules

Les PAV sont définis comme suit : il s'agit de l'évolution temporelle du nombre de véhicules stationnés dans une zone d'étude. La Figure 3-13 montre le concept théorique derrière la construction des profils d'accumulation de véhicules. La construction des PAV est faite avec le suivi spatio-temporel de chaque véhicule, qui est rendu possible grâce à la déclaration des déplacements auto-conducteurs de l'enquête OD. En effet, en connaissant les lieux de destination des conducteurs, il est possible, pour une zone et une période temporelle données, de déterminer le nombre de véhicules stationnés, et ce pour chaque type de stationnement.

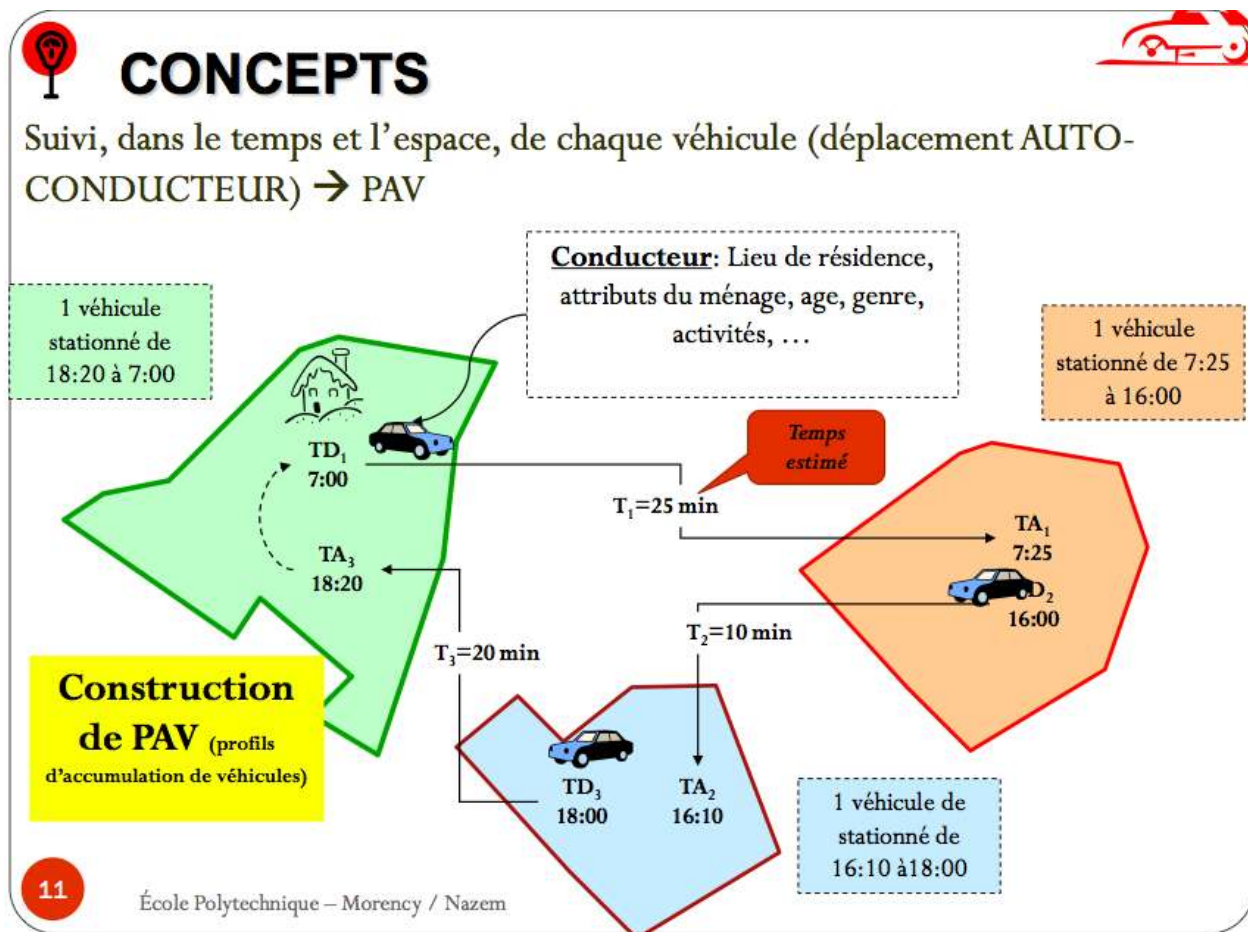


Figure 3-13 Concept de construction de PAV (Source : Morency et Nazem, communication personnelle, 15 avril 2013)

Tel que défini à la section 3.3.5, les données d'enquêtes OD sur le stationnement sont le type de stationnement qui est utilisé à la destination et les modalités tarifaires (gratuit, payant, subventionné par l'employeur). Plusieurs données sont manquantes afin d'établir les profils, notamment :

- l'heure de départ du lieu de stationnement d'origine (seule l'heure de départ du point d'origine est disponible);
- le lieu de stationnement d'origine (seul le point d'origine est disponible);
- l'heure d'arrivée au lieu de stationnement de destination (aucune information n'est disponible : ni la durée du déplacement, ni l'heure d'arrivée à la destination);
- le lieu de stationnement de destination (seul le point de destination est disponible);

- l'heure d'arrivée au lieu de destination (aucune information n'est disponible : ni la durée du déplacement, ni l'heure d'arrivée à la destination).

Afin de pouvoir pallier au manque de données, les hypothèses suivantes sont posées :

- spatialement, les lieux de stationnement d'origine et de destination correspondent respectivement aux lieux d'origine et de destination du déplacement;
- temporellement, l'heure de départ du lieu de stationnement d'origine correspond à l'heure de départ du déplacement et les heures d'arrivées aux lieux de stationnement de destination et à la destination correspondent à l'heure de départ du déplacement à laquelle un temps de parcours est ajouté (le temps de parcours est calculé avec la distance euclidienne entre les lieux d'origine et de destination et une vitesse de parcours moyenne sur le réseau, qui est fixée à 50 km/h).

En ce qui concerne le type de stationnement, s'il s'agit du premier déplacement auto-conducteur de la journée fait par un membre du ménage, il est impossible de connaître le type de stationnement du véhicule avant le début du déplacement. L'hypothèse qui est faite ici est que le type de stationnement du dernier déplacement auto-conducteur de la journée est le même que celui du premier déplacement auto-conducteur de la journée. Cela veut donc dire que chaque début de journée est identique à la fin de la journée et qu'on suppose que le comportement du jour précédent est similaire.

De plus, une autre variable qui est inconnue est le nombre de véhicules qui sont réellement utilisés au sein du ménage. En effet, le nombre de véhicules possédés au sein du ménage est connu, mais leur utilisation ne l'est pas. Si le ménage possède plus d'un véhicule, l'hypothèse qui est faite est que le nombre de véhicules qui sont utilisés correspond au nombre maximal de déplacements auto-conducteurs qui sont effectués simultanément durant la journée. Cette hypothèse maximise le nombre de véhicules immobiles durant la journée et inversement minimise le nombre de véhicules utilisés. Elle ne tient pas compte du fait que le déplacement auto-conducteur puisse être fait à l'aide d'un véhicule qui n'est pas possédé par le ménage, par exemple un véhicule prêté, loué, ou emprunté auprès d'un service d'autopartage ou de véhicules en libre-service.

3.5.2.1 Algorithme et automatisation

Afin de pouvoir traiter les données de l'enquête OD de manière automatisée, un algorithme a été écrit avec le langage de programmation python. Celui-ci utilise le fichier complet de l'enquête OD comme données d'entrée. Certains paramètres peuvent être définis, notamment :

- la zone à l'étude, qui ici doit être un arrondissement, mais qui peut aussi être un secteur de l'enquête OD;
- le jour d'analyse, si celle-ci est faite de manière désagrégée par jour de la semaine;
- la vitesse moyenne de parcours (par défaut 50 km/h).

L'algorithme calcule ensuite, pour chaque ménage de l'enquête OD, l'utilisation du stationnement qui est faite, à l'aide des déplacements auto-conducteur. Il écrira ensuite un fichier texte dans lequel chaque enregistrement représente une utilisation du stationnement dans la zone d'étude. Ainsi, les déplacements auto-conducteur qui ont comme lieu d'origine la zone d'étude, avec le motif de type « au domicile » et les déplacements auto-conducteur qui ont comme lieu de destination la zone d'étude engendreront des activités de stationnement.

Ce fichier texte servira ensuite à calculer, pour chaque heure du jour et chaque jour de la semaine (un fichier texte par jour sera produit), les PAV de la zone d'étude. Une analyse socio-démographique de l'utilisation des stationnements peut être faite, puisque ce fichier contient, pour chaque enregistrement, les informations suivantes sur le conducteur du véhicule : le lieu de domicile, le nombre de personnes au sein du ménage, le nombre de véhicules possédés par le ménage, l'âge et le genre.

L'écriture de cet algorithme rend donc possible le traitement complet de l'enquête OD, et ce pour l'ensemble des zones d'études où la question sur le stationnement a été posée, à savoir la « Ville de Montréal (excluant les quartiers Pointe-aux-Trembles et Rivière-des-Prairies), Outremont, Westmount et Verdun. » (Agence métropolitaine de transport, 2010).

3.5.3 Capacités théoriques de stationnement

Les capacités théoriques de stationnement (CTS) sont directement déterminées à partir des PAV pour une zone d'étude. Pour une journée et une zone données, la CTS est déterminée comme suit :

$$CTS_i = \max (PAV_j)$$

où i est la journée et

j est la période de la journée de l'enquête OD (de 0 :00 à 28 :00, à intervalles de 15 minutes)

De manière descriptive, la CTS correspond donc au nombre maximal de véhicules stationnés sur la période temporelle sur laquelle s'applique le PAV, qui est typiquement une journée de l'enquête OD de 28 heures (les 24 heures du jour et 4 heures supplémentaires pour assurer la fin des déplacements). L'hypothèse qui est faite ici est que si un certain nombre de véhicules sont stationnés à un moment de la période temporelle du PAV, cela signifie que la capacité de stationnement de la zone est au moins aussi grande que cette valeur.

Évidemment, cette hypothèse ne considère pas la variabilité temporelle de la capacité de stationnement. Pour certains types de stationnements, par exemple le stationnement privé résidentiel, il n'y a pas de variabilité temporelle; la CTS est donc une estimation réaliste de la capacité réelle de stationnement. Pour certains types de stationnements ayant une forte variabilité temporelle, en particulier le stationnement sur rue, les CTS doivent être analysés avec une plus grande précaution, puisque les capacités peuvent grandement varier.

Il est possible, pour chaque type de stationnement, de déterminer une CTS distincte.

CHAPITRE 4 DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL SUR LA CAPACITÉ DE STATIONNEMENT SUR RUE

4.1 Panneaux de stationnement

4.1.1 Territoire à l'étude

Le territoire d'étude des panneaux de stationnement comprend l'ensemble des 19 arrondissements de la ville de Montréal, qui sont présentés à la Figure 4-1.

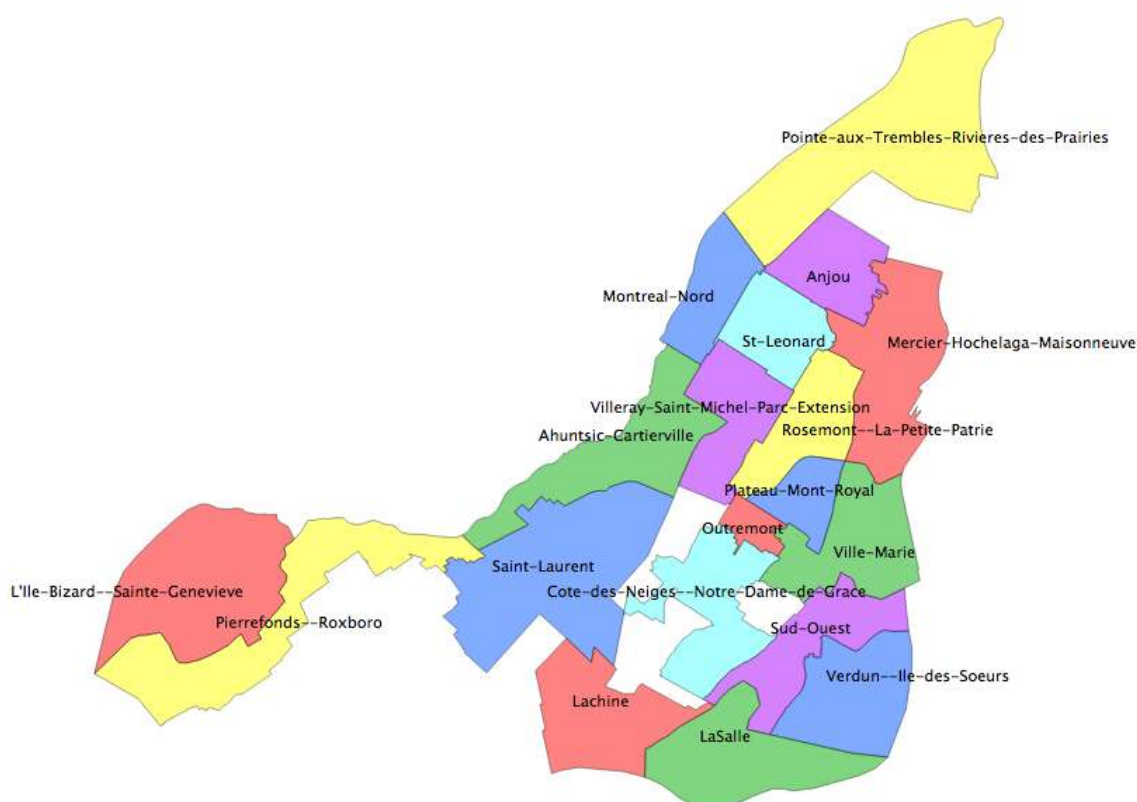


Figure 4-1 Arrondissements de la ville de Montréal

Les données sur les panneaux de stationnement ne sont pas disponibles pour tous les arrondissements, comme le montre la Figure 4-2, où chaque point représente un panneau de stationnement :

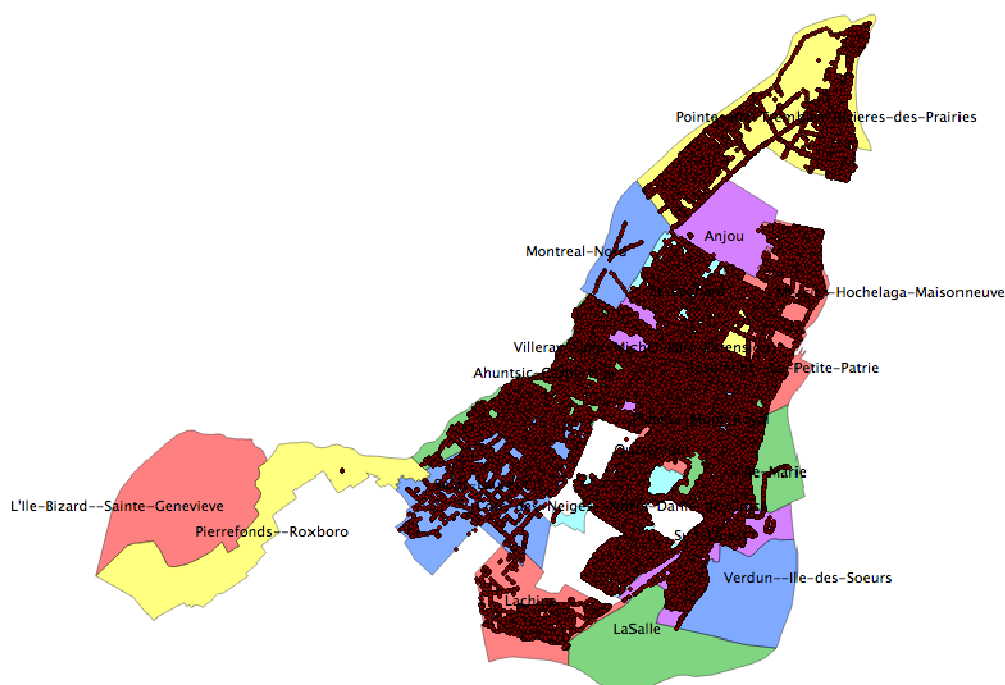


Figure 4-2 Panneaux de stationnement de la ville de Montréal

L'arrondissement de L'Île-Bizard-Sainte-Geneviève n'a publié aucune information sur ses panneaux de stationnement. Les arrondissements d'Anjou, Lasalle, Montréal-Nord, Pierrefonds-Roxboro et Verdun ont publié des données partielles sur leurs panneaux de stationnement.

4.1.2 Analyse descriptive

La base de données de panneaux de stationnement (disponible sur le site de données ouvertes de la ville) contient 116 950 panneaux qui sont répartis sur le réseau routier de la ville de Montréal au moyen de 91614 fûts de stationnement physiques. Le nombre de types de panneaux de stationnement est 1728. Plusieurs de ces panneaux imposent des restrictions sur le stationnement (voir Figure 4-3), qu'elles soient selon le type de véhicule autorisé à se stationner (si rien n'est spécifié alors tous les véhicules peuvent se stationner), selon la durée maximale de stationnement autorisée, ou selon la période d'application de l'interdiction de stationnement (variation selon l'heure, le jour de la semaine ou la période de l'année).

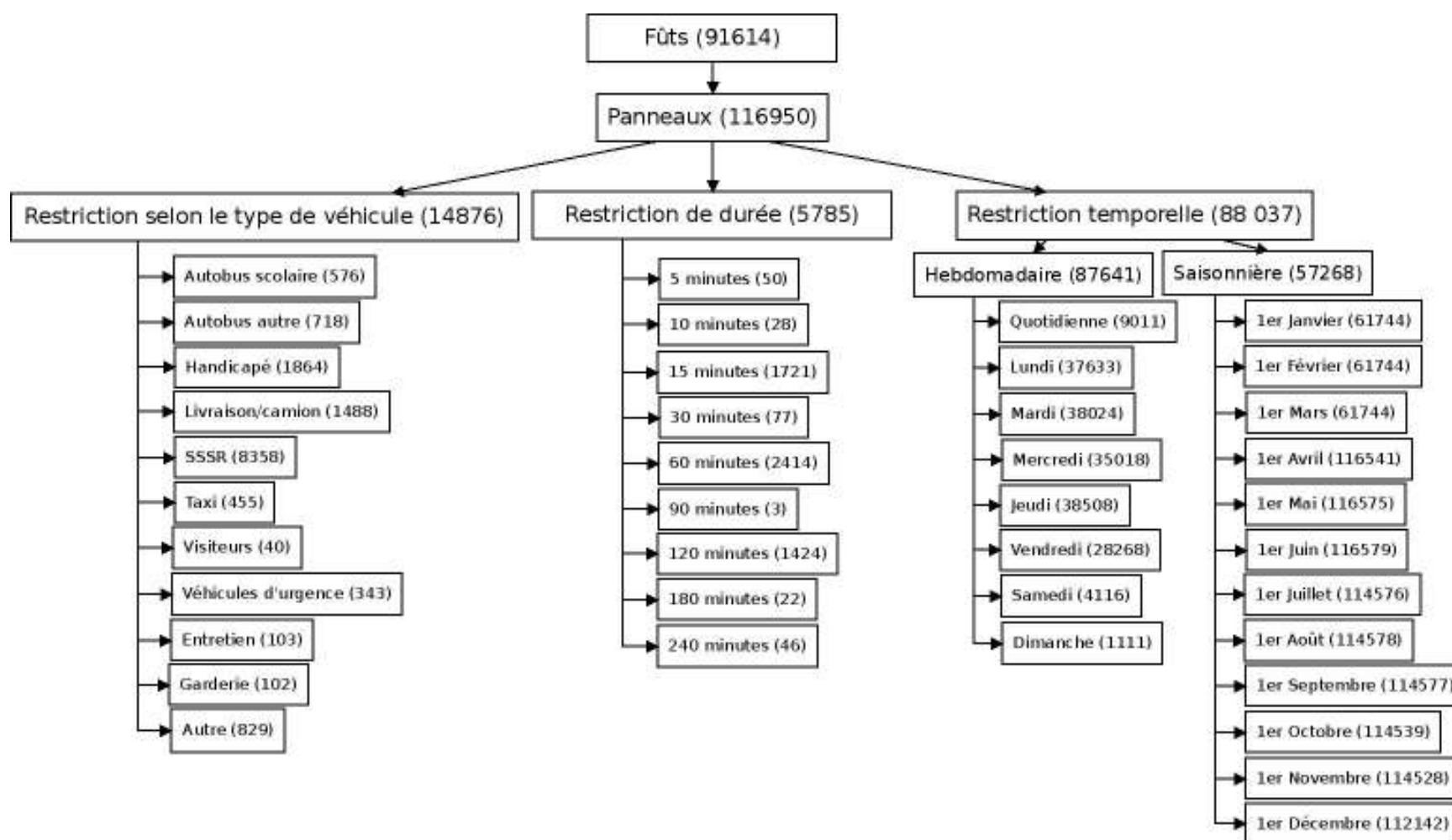


Figure 4-3 Typologie des panneaux de stationnement

Une courbe de Lorenz des panneaux de stationnement a été créée afin d'étudier les types de panneaux qui sont les plus fréquents sur le réseau, et est présentée à la Figure 4-4 :

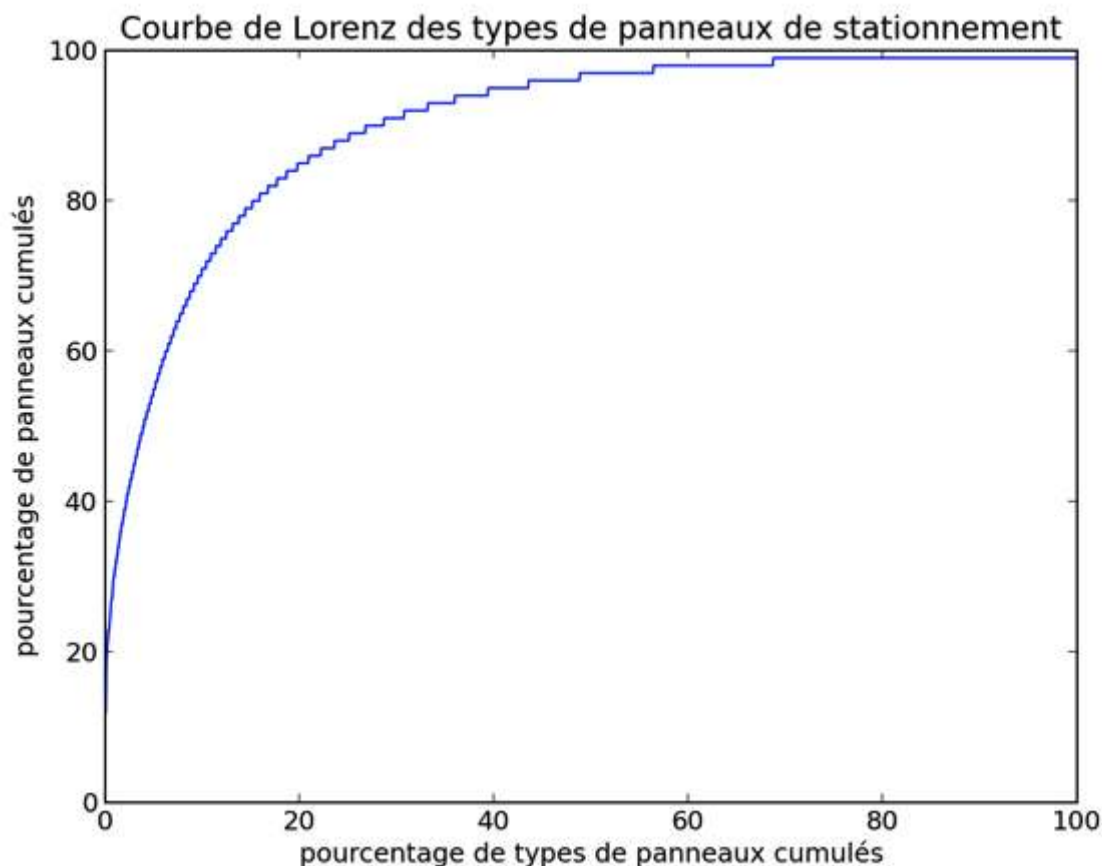


Figure 4-4 Courbe de Lorenz des types de panneaux de stationnements

Cette courbe a été créée en faisant la somme du nombre de panneaux de stationnement par type de panneau, dans l'ordre décroissant de fréquence des types de panneaux. Certains types de panneaux de stationnements sont présents en très grand nombre ; en effet, 20 % des types de panneaux de stationnement représentent plus de 80 % des panneaux de stationnements de la ville de Montréal.

Le Tableau 4-1 montre bien qu'un petit nombre de types de panneaux (7) est très fréquent (plus de 1000 panneaux), et que plusieurs types de panneaux (844) sont très peu fréquents (moins de 10 panneaux).

Tableau 4-1 Nombre de panneaux de stationnement selon le type de panneau

Nombre de panneaux par type de panneau	Nombre de types de panneaux
Plus de 1000	7
De 100 à 999	237
De 10 à 99	640
Moins de 10	844
Total	1728

En s'attardant aux types de panneaux moins fréquents (moins de 10 panneaux), illustrés au Tableau 4-2, on remarque que plusieurs types de panneaux (146) ont un seul panneau physique dans la base de données, et que les types de panneaux plus fréquents dans la base de données sont moins nombreux.

Tableau 4-2 Nombre de panneaux de stationnements selon le type de panneaux, pour les panneaux moins fréquents

Nombre de panneaux par type de panneau	Nombre de types de panneau
1	146
2	220
3	114
4	95
5	79
6	57
7	54
8	45
9	34
Total	844

Les types de panneaux les plus fréquents sont examinés au Tableau 4-3. Il est aisé de remarquer que les panneaux les plus fréquents sont les plus généraux. En effet, les deux types les plus fréquents sont ceux qui interdisent de se stationner ou de s'arrêter, et ce en tout temps. On retrouve ensuite le type de panneau désignant les espaces de stationnement sur rue réservé aux résidents (S3R) ainsi que les espaces réservés aux handicapés.

Tableau 4-3 Types de panneaux de stationnements les plus fréquents

Code RPA du type de panneau	Description du panneau	Nombre de panneaux	Pourcentage du nombre total de panneaux
SD-TT	\P EN TOUT TEMPS	14558	12.45
AD-TT	\A EN TOUT TEMPS	7361	6.29
R-PF	\P RESERVE S3R 09h-23h	1799	1.54
R-TD	\P RESERVE HANDICAPES (PICTO)	1176	1.01
AV-AB	\A 08h-09h30 LUN. AU VEN.	1072	0.92
SU-AE-A	\P 08h30h30 MER. 1 AVRIL AU 1 DEC.	1006	0.86
SU-AB-A	\P 08h30h30 LUNDI 1AVRIL AU 1DEC.	1004	0.86

4.1.2.1 Variation temporelle

La Figure 4-5 montre la variation annuelle du nombre de panneaux de stationnement sur rue actifs. Le nombre maximal de panneaux est atteint entre le 1^{er} avril et le 1^{er} décembre. Une des raisons qui explique que le nombre de panneaux soit maximal durant cette période vient du fait que beaucoup de panneaux interdisent le stationnement pour une période d'une heure afin de nettoyer les rues, et ce généralement d'avril à novembre.

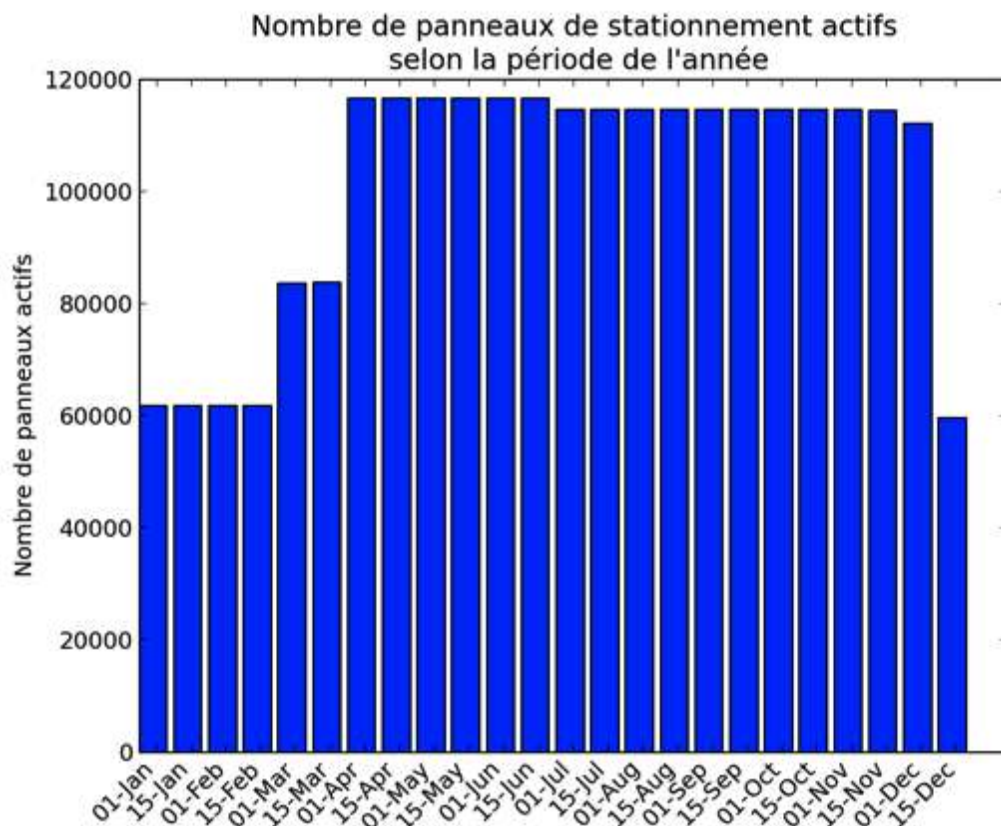


Figure 4-5 Variation du nombre de panneaux actifs selon la période de l'année

La Figure 4-6 montre le nombre de panneaux actifs, selon le jour de la semaine. Encore une fois, le nettoyage des rues, qui se fait entre le lundi et le vendredi, fait en sorte qu'il y a plus de panneaux actifs les jours de semaine. Plusieurs interdictions ne sont aussi actives que la semaine. Par exemple, sur les rues commerciales, il y a souvent des durées maximales de stationnement du lundi au vendredi.

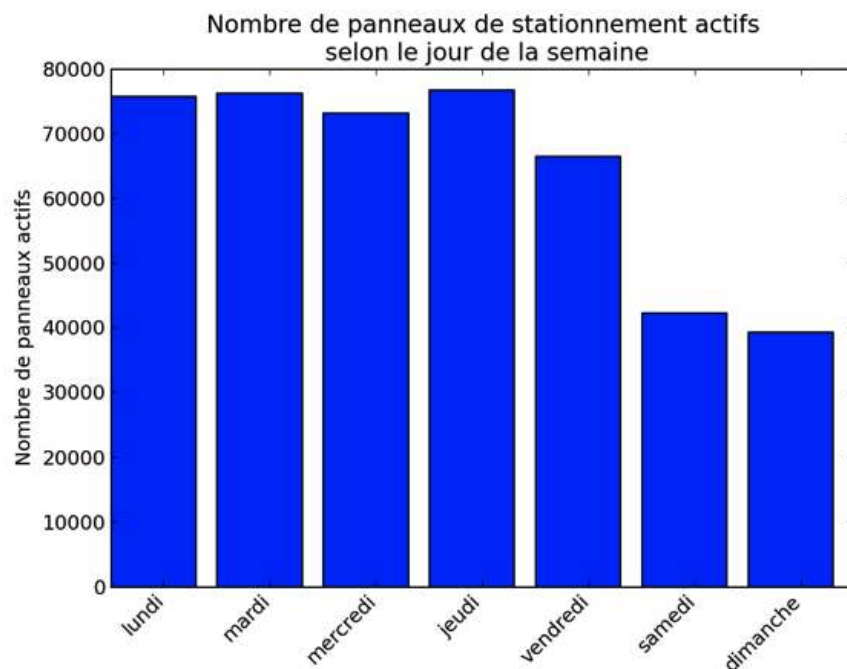
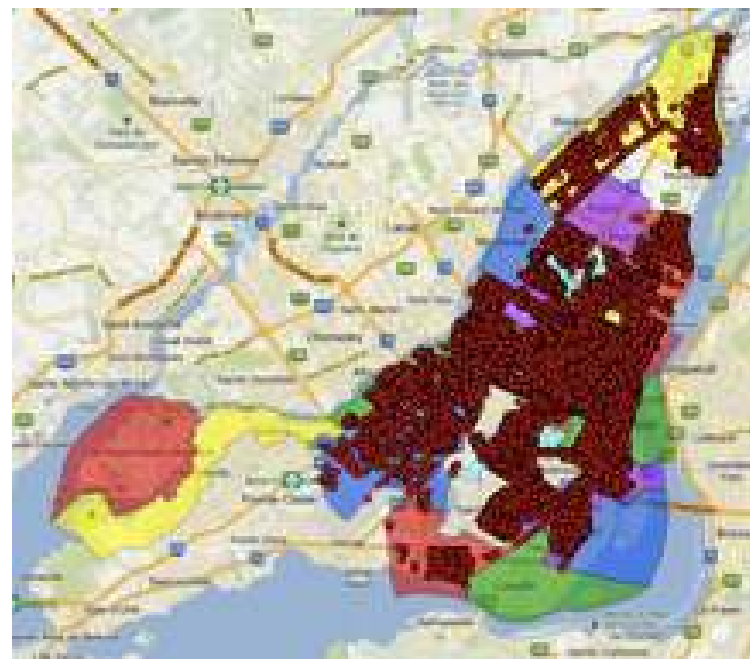
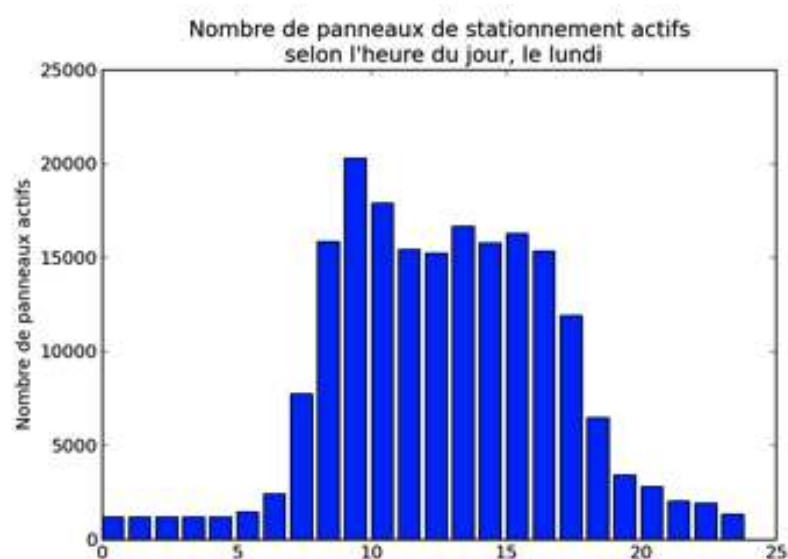


Figure 4-6 Nombre de panneaux de stationnement actifs selon le jour de la semaine (incluant les panneaux qui sont en vigueur tous les jours)

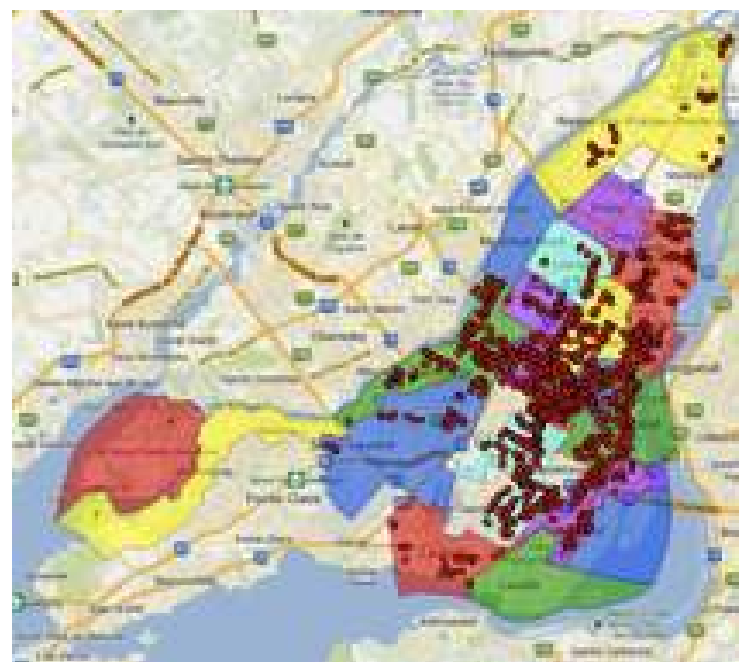
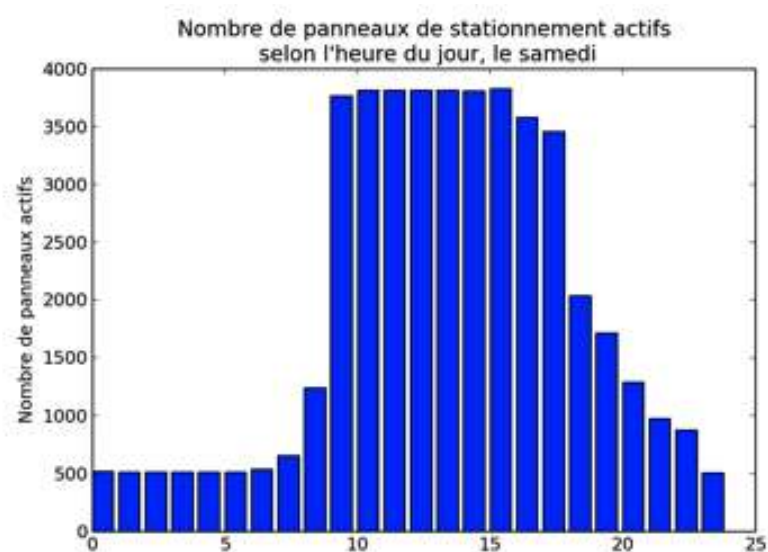
La Figure 4-7 montre la variation temporelle du nombre de panneaux qui sont actifs le lundi, en n'incluant pas les panneaux qui sont en vigueur tous les jours. Une carte montre la localisation géographique de ces panneaux. La période où il y a le plus grand nombre de panneaux actifs est la période de pointe du matin, probablement à cause des interdictions de stationner sur certaines rues du réseau artériel en période de pointe.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-7 Nombre de panneaux de stationnements seulement actifs selon l'heure du jour, le lundi (en n'incluant pas les panneaux qui sont en vigueur tous les jours)

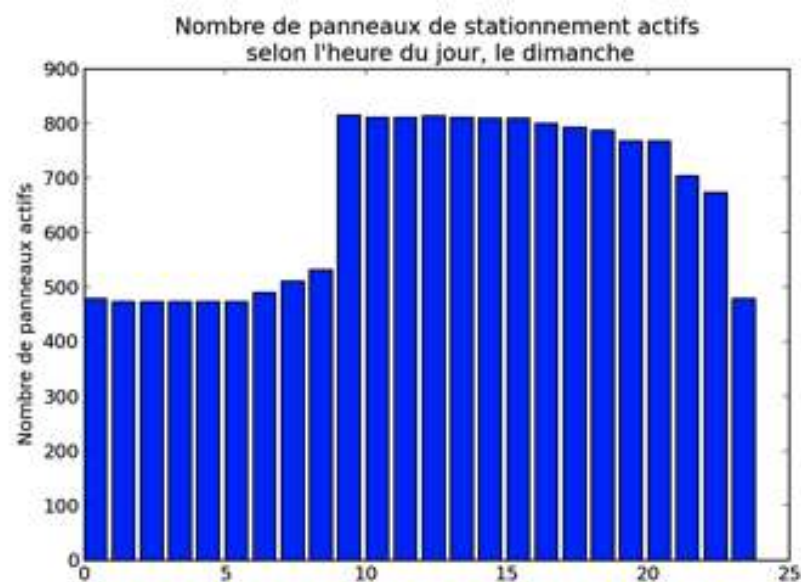
La Figure 4-8 montre la variabilité des panneaux qui sont actifs le samedi. Plusieurs panneaux sont actifs entre 9 :00 et 17 :00, ce qui montre que l'objectif des panneaux de stationnement du samedi (probablement favoriser le stationnement sur rue pour les résidents, ou bien les activités commerciales) est différent de celui des panneaux actifs du lundi au vendredi, qui eux semblent décourager le stationnement sur rue en période de pointe.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-8 Nombre de panneaux de stationnements actifs selon l'heure du jour, le samedi (en n'incluant pas les panneaux qui sont en vigueur tous les jours)

La Figure 4-9 montre la variation temporelle des panneaux le dimanche. Vu le faible nombre de panneaux actifs, il semble que la principale interdiction de stationner soit celle pour le stationnement sur rue réservé aux résidents de 9 :00 à 23 :00 (voir le Tableau 4-3 pour les panneaux de stationnements les plus fréquents).



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-9 Nombre de panneaux de stationnements actifs selon l'heure du jour, le samedi (en n'incluant pas les panneaux qui sont en vigueur tous les jours)

L'allure de la variabilité temporelle des panneaux de stationnement est assez constante du lundi au vendredi. Ainsi, les figures du nombre de panneaux actifs le mardi, le mercredi, le jeudi et le vendredi sont présentées à l'Annexe 3.

4.1.2.2 Nombre de panneaux selon le type de restriction

Certains panneaux de stationnement autorisent le stationnement uniquement pour une catégorie d'utilisateurs ou de véhicules. Une agrégation des permissions spécifiques qui se traduisent en des restrictions de stationnement pour la majorité (pour la personne type) a été faite, et les restrictions suivantes ont été retenues : autobus scolaire, autobus autre, handicapé, livraison/camions, vignette, taxi, visiteurs, véhicules d'urgence, entretien, garderie, autre.

La Figure 4-10 montre le nombre de panneaux de stationnements qui ont une restriction sur le type d'utilisateur ou le type de véhicule. Ainsi, 14876 des 116950 panneaux de stationnements de la base de données des panneaux comprennent une restriction sur le type d'utilisateur ou de véhicules. Les panneaux restreignant la clientèle ou le type de véhicules sont en majorité (8358/14876) des panneaux pour le stationnement sur rue réservé aux résidents (vignettes).

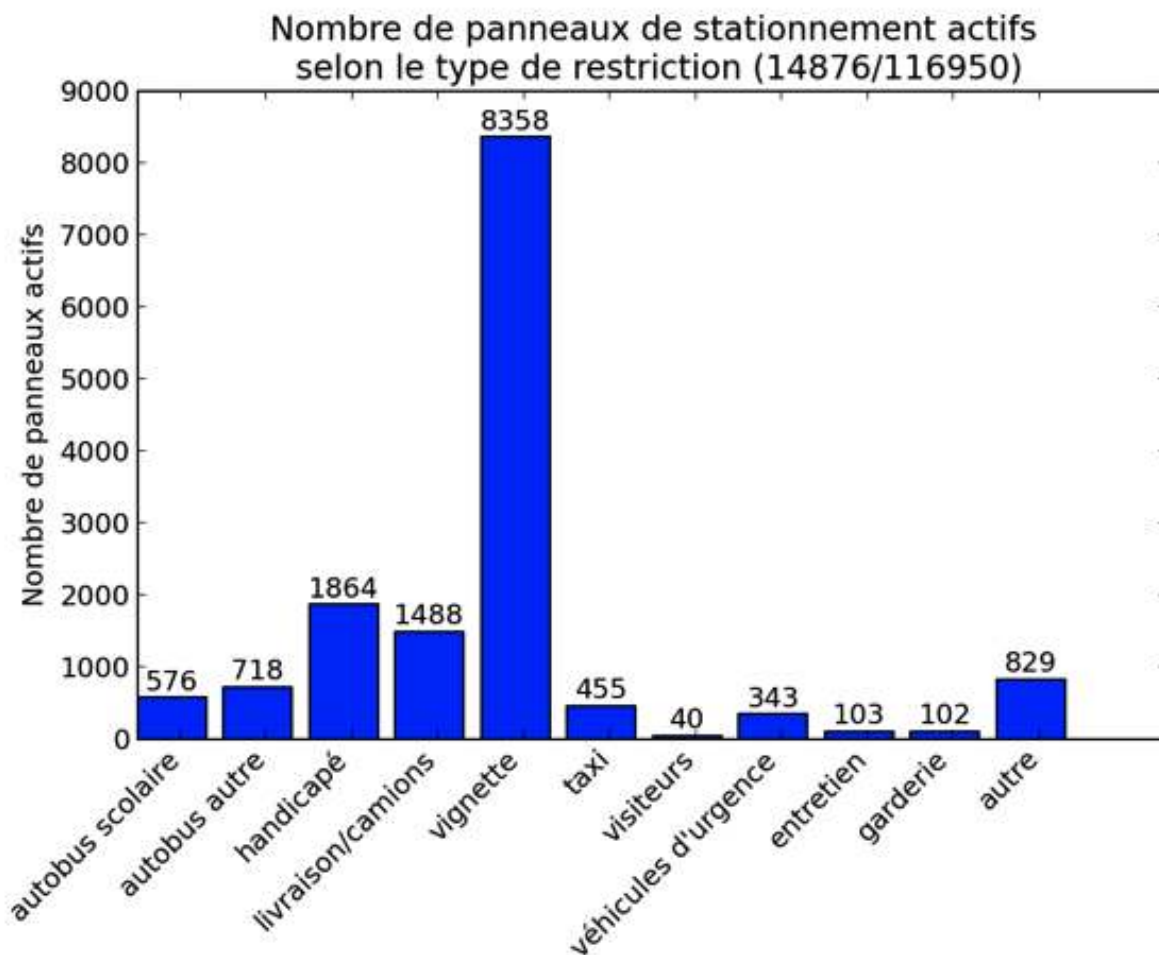
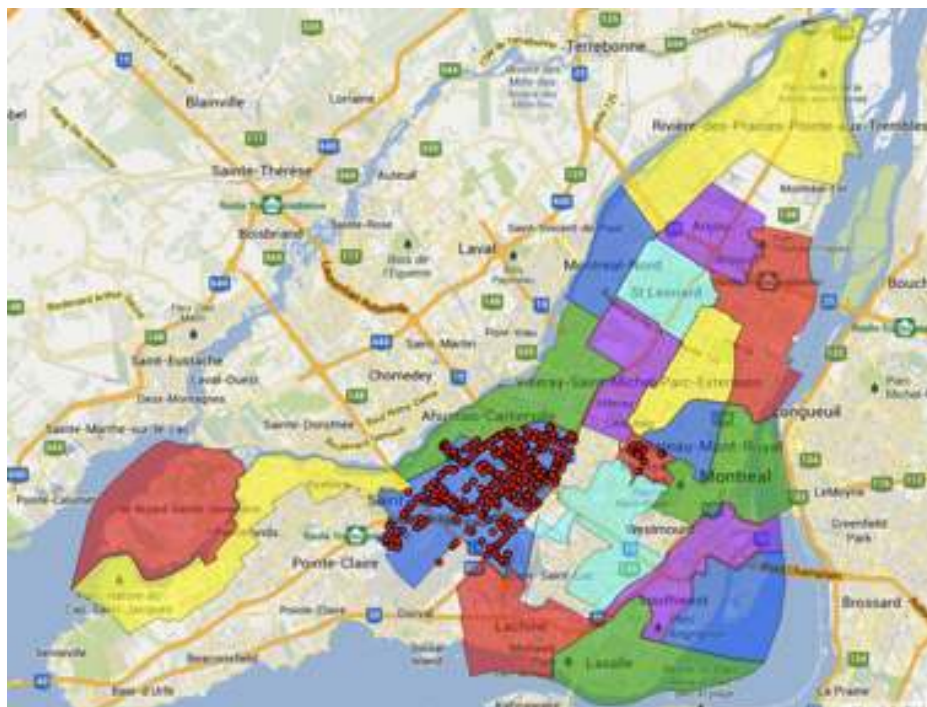


Figure 4-10 Nombre de panneaux de stationnements actifs selon le type de restriction

La Figure 4-11 montre la répartition géographique des panneaux de stationnement de type autobus scolaire. Ces panneaux sont présents dans seulement deux arrondissements, Saint-Laurent et Outremont, qui ne faisaient pas partie de l'ancienne ville de Montréal.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-11 Répartition géographique des panneaux de type autobus scolaire

La Figure 4-12 montre la géolocalisation des panneaux de type autobus autre. Ici, il est important de rappeler qu'il ne s'agit pas des panneaux d'arrêts d'autobus de la STM. Cela signifie que si les panneaux de type autobus scolaire sont présents dans deux arrondissements, forcément il y a des panneaux de type autobus autre qui sont des panneaux destinés aux autobus scolaires. Il s'agit d'une incohérence dans la codification des types de panneaux de stationnement de la ville de Montréal.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-12 Répartition géographique des panneaux de type autobus autre

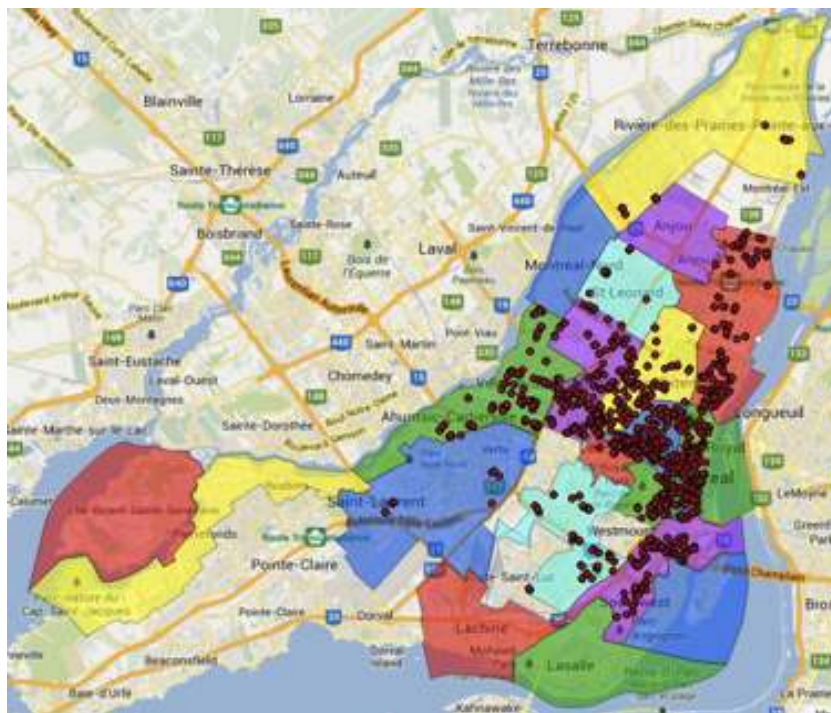
La Figure 4-13 montre les panneaux de stationnement qui sont réservés aux personnes à mobilité réduite. Il est important de rappeler que certains arrondissements n'ont pas publié de données sur leurs panneaux de stationnement. Pour les arrondissements ayant publié des données sur les panneaux de stationnement, il semble que la couverture géographique de ceux-ci soit bonne. Elle est aussi probablement en lien avec certains générateurs de déplacements des personnes à mobilité réduite, comme les hôpitaux, et les lieux de résidence des personnes à mobilité réduite.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-13 Répartition géographique des panneaux de type handicapé

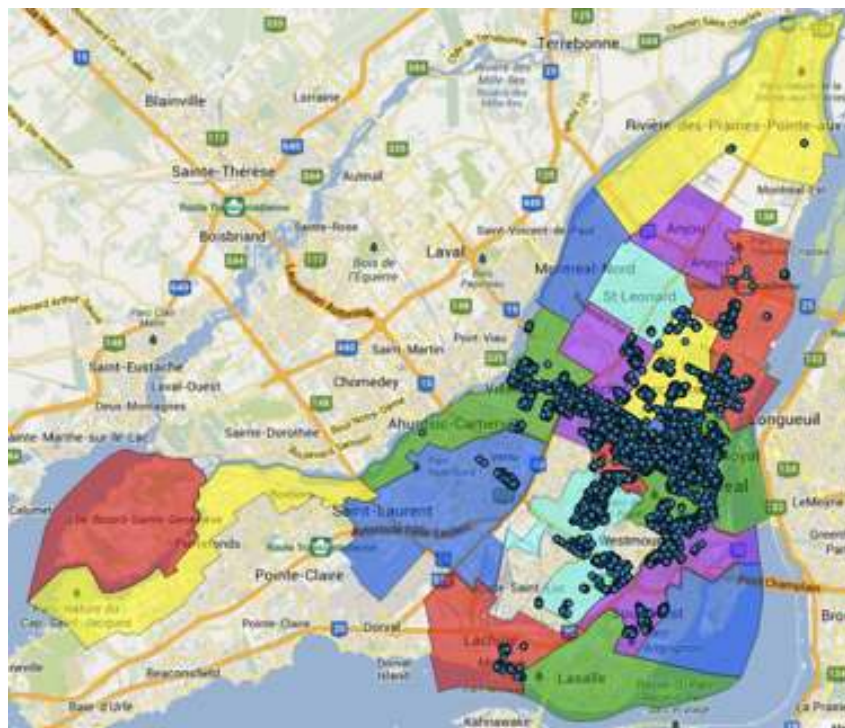
La Figure 4-14 montre la localisation des panneaux de type livraison. Ceux-ci semblent être situés dans la partie centrale de l'île, sur le réseau artériel.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-14 Répartition géographique des panneaux de type livraison/camions

La Figure 4-15 montre la localisation des panneaux de stationnement réservé aux résidents. Il semble que les zones où le stationnement est réservé aux résidents sont situées dans la partie centrale de l'île, et près des grands axes de transports en commun, en particulier les stations de métro.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-15 Répartition géographique des panneaux de stationnement réservé aux résidents (vignette)

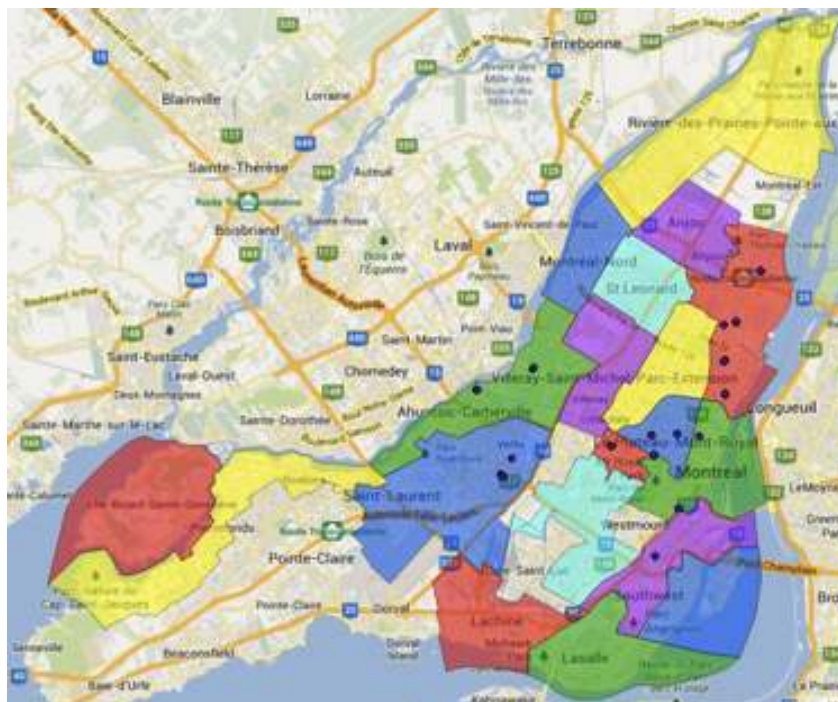
La Figure 4-16 montre l'emplacement des panneaux de stationnement réservés aux taxis. Il ne semble pas y avoir de particularité géographique, hormis une concentration plus élevée de ces panneaux au centre-ville. De plus, les zones de stationnement réservées aux taxis sont forcément à proximité de générateurs de déplacements (hôpitaux, commerces, etc.)



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-16 Répartition géographique des panneaux de type taxi

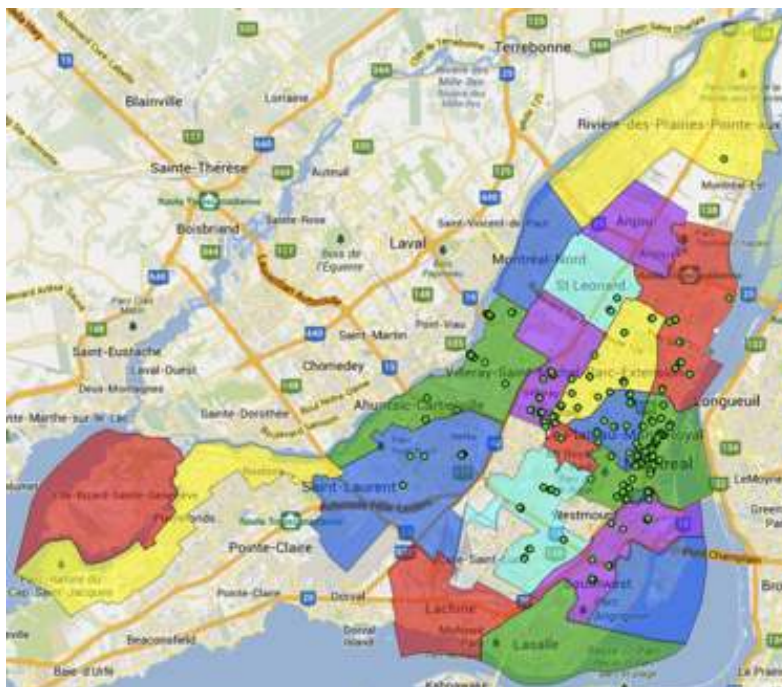
La Figure 4-17 montre les panneaux pour les visiteurs. Ces panneaux servent en général à fournir du stationnement aux visiteurs à proximité des lieux des services municipaux (postes de police, cour municipale, etc.).



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-17 Répartition géographique des panneaux de type visiteurs

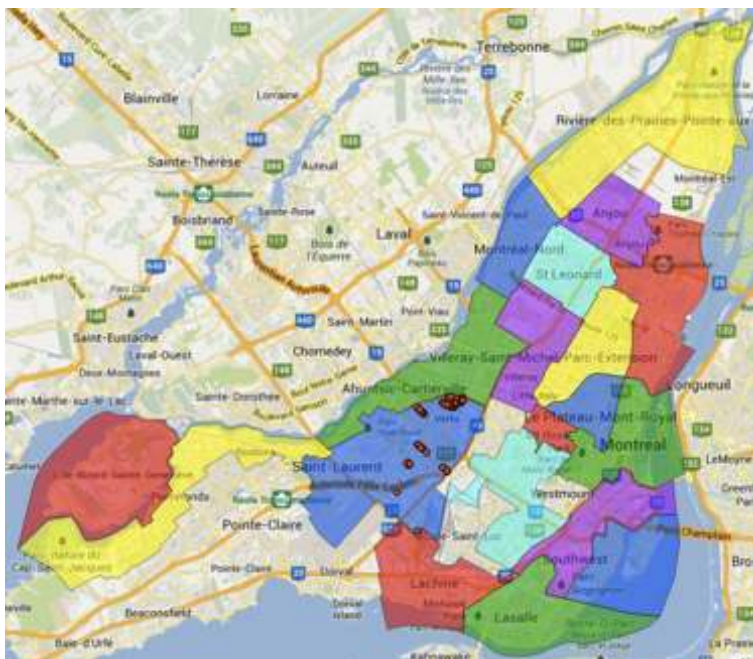
La Figure 4-18 montre les lieux où il y a des panneaux de stationnement pour les véhicules d'urgences. Ces lieux sont des casernes de pompier, ou des postes de police.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-18 Répartition géographique des panneaux de type véhicules d'urgence

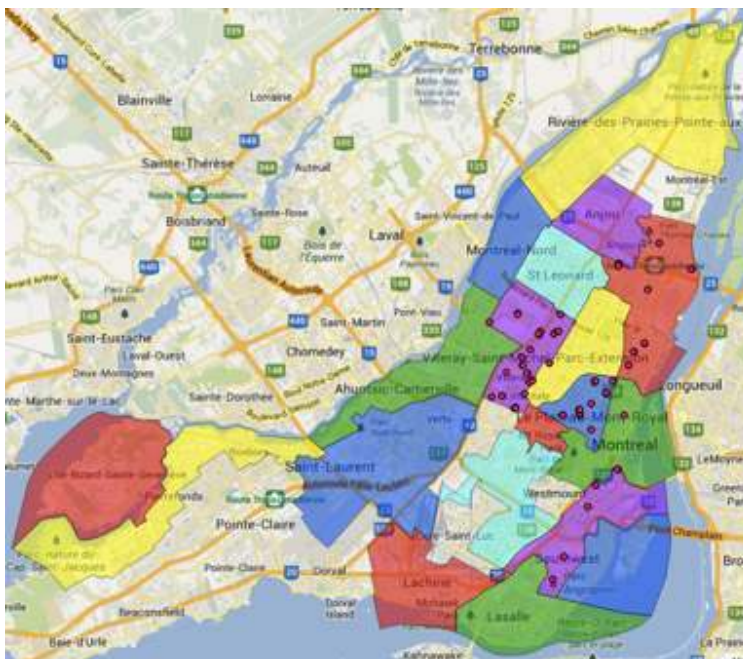
La Figure 4-19 montre la localisation des panneaux de type entretien, qui sont situés exclusivement dans l'arrondissement de Saint-Laurent. Plusieurs de ces panneaux sont actifs une heure durant la semaine, de manière similaire aux panneaux pour le nettoyage sur rue. Il s'agit probablement de panneaux permettant le nettoyage sur rue à proximité de points d'intérêt municipaux (parcs, bâtiments municipaux, etc.).



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-19 Répartition géographique des panneaux de type entretien

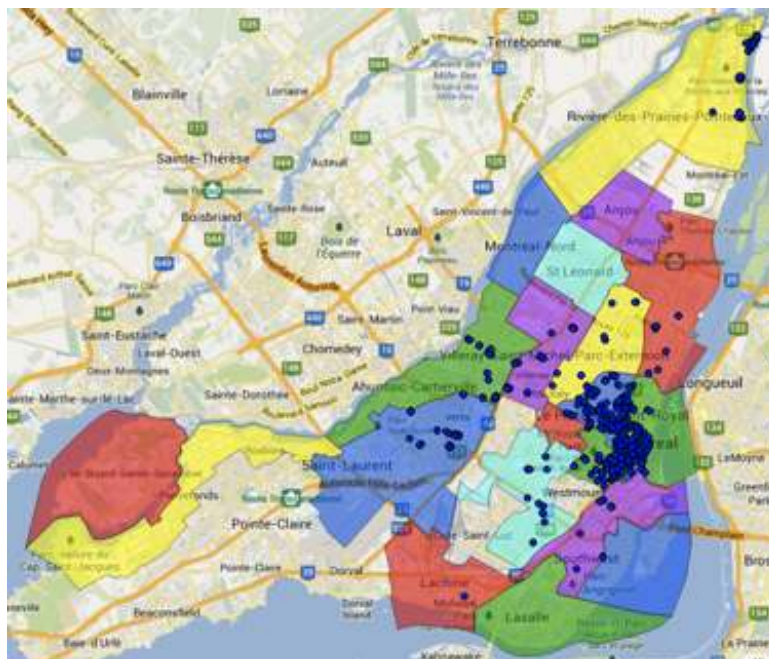
La Figure 4-20 montre les panneaux de type garderie. Ces panneaux sont situés dans seulement 5 arrondissements, qui faisaient tous partie de l'ancienne ville de Montréal : Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension, Sud-Ouest, Plateau-Mont-Royal, Ville-Marie et Hochelaga-Maisonneuve.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-20 Répartition géographique des panneaux de type garderie

La Figure 4-21 montre la répartition géographique des panneaux de type autre. Ces panneaux regroupent les panneaux permettant le stationnement à des véhicules particuliers (motos, fiacres, petites voitures, véhicules militaires, etc.) ou à des clientèles spécifiques (employés municipaux, membres communauto, messagers, corps diplomatique, etc.). Ils sont majoritairement présents dans les arrondissements de Ville-Marie et du Plateau-Mont-Royal.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-21 Répartition géographique des panneaux de type autre

4.1.2.3 Nombre de panneaux selon la durée maximale de stationnement

Dans certains cas le stationnement est autorisé pour une certaine durée. Ainsi, 5785 des 116950 panneaux de stationnement comprennent une restriction sur la durée maximale de stationnement. La Figure 4-22 montre le nombre de panneaux selon la durée maximale de stationnement. La majorité des panneaux autorisent le stationnement pour une période de 15, 60 ou 120 minutes.

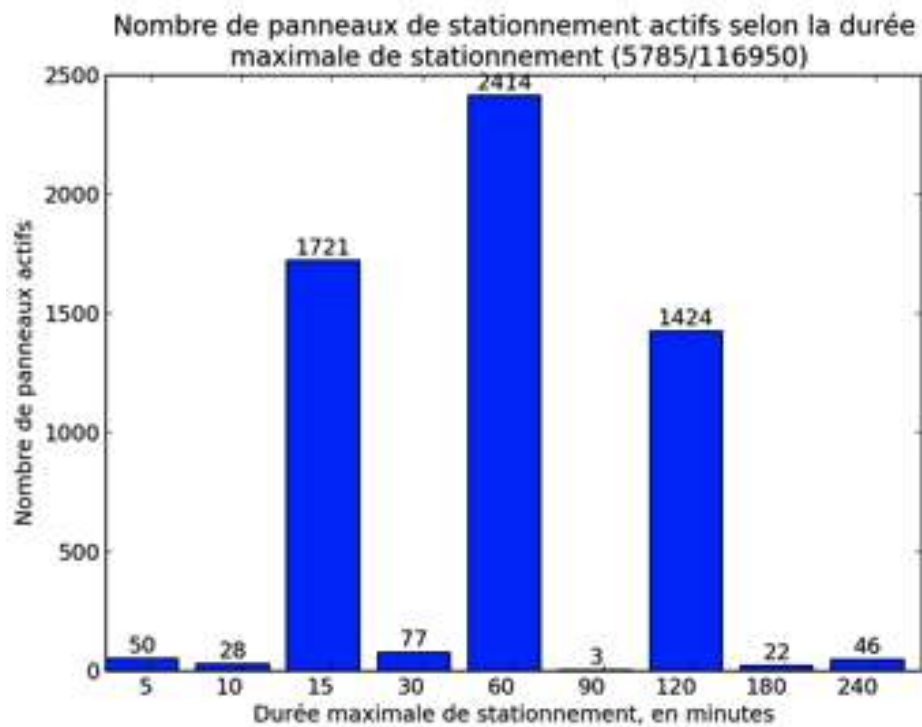
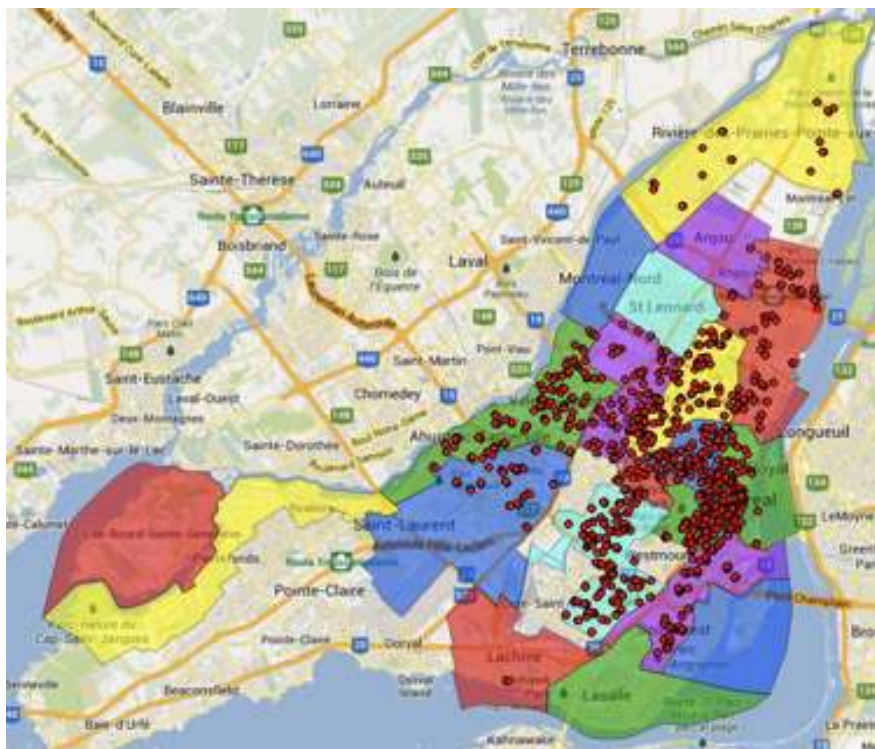


Figure 4-22 Nombre de panneaux de stationnement actifs en fonction de la durée maximale de stationnement autorisée

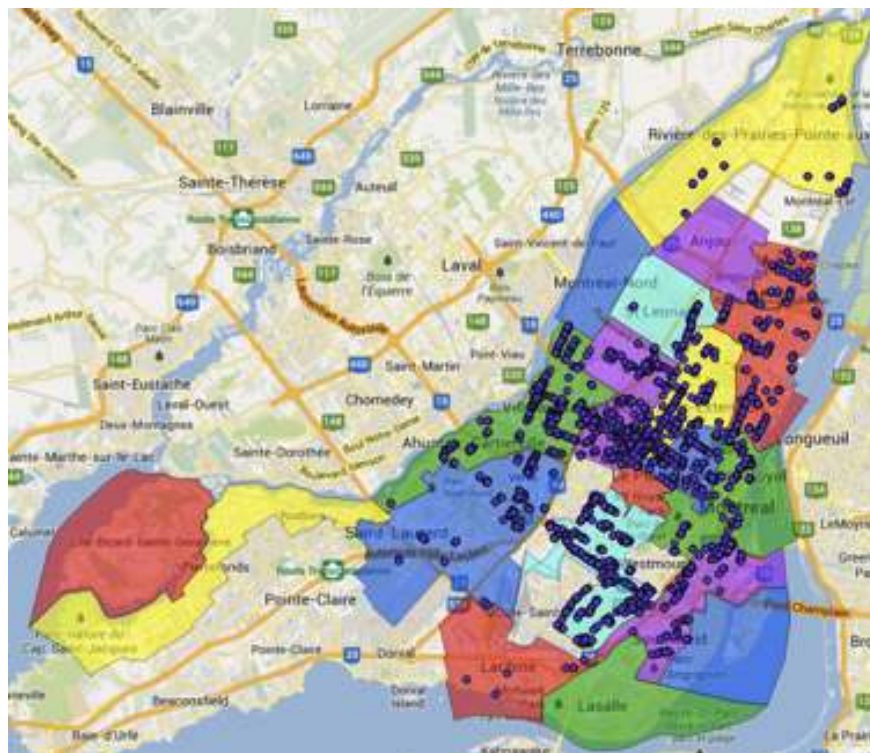
Dans le cas où le stationnement est autorisé pour 15 minutes, il s'agit généralement d'un débarcadère ou d'une zone scolaire (voir Figure 4-23).



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-23 Panneaux de stationnement autorisant un stationnement d'une durée maximale de 15 minutes

Pour le stationnement autorisé pour 60 ou 120 minutes, il s'agit généralement de rues commerciales où des hauts taux de rotation sont souhaités (voir Figure 4-24).

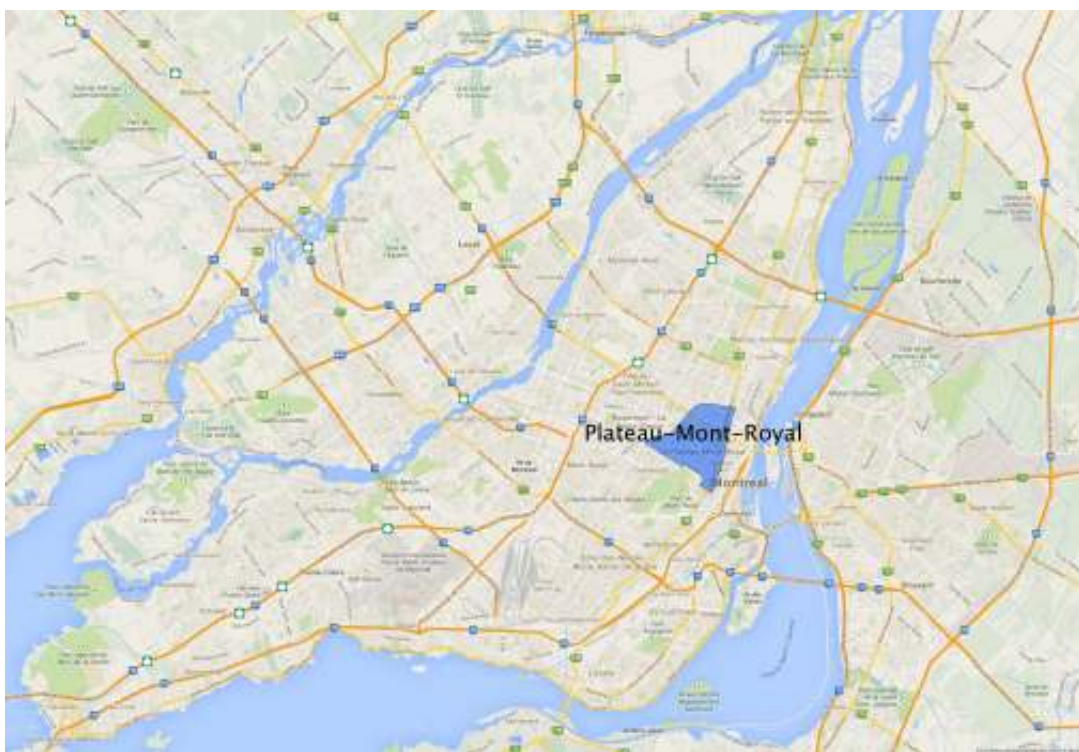


(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-24 Panneaux de stationnement autorisant un stationnement d'une durée maximale de 60 minutes

4.2 Capacité de stationnement sur rue

La méthode présentée à la section 3.4 a permis de créer un outil de détermination de la capacité de stationnement sur rue. Cette capacité varie en fonction du temps, selon l'heure, le jour et le mois de l'année. L'outil de capacité est en mesure de déterminer des longueurs de BDR disponibles pour le stationnement d'un certain type de clientèle. À titre d'exemple, l'ensemble des résultats qui sont montrés dans la suite de cette section s'applique au territoire du Plateau-Mont-Royal (PMR). La localisation de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal est montrée à la Figure 4-25.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-25 Localisation de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal

4.2.1 Variation temporelle de la capacité de stationnement sur rue

En faisant l'hypothèse d'une distance intervéhiculaire de 7 mètres dans les zones de stationnement, il est possible de déterminer le nombre de véhicules pouvant se stationner (donc le nombre d'espaces de stationnement) à une heure donnée durant l'année.

La Figure 4-26 illustre la variation temporelle des capacités de stationnement sur rue gratuit, c'est-à-dire les zones où tous les types de clientèles peuvent se stationner, pour une semaine du mois de mai. Il est aisé de comprendre l'évolution temporelle de la capacité de stationnement au cours de la journée. En effet, la capacité est maximale la nuit, puisque la circulation automobile est réduite durant cette période. Par la suite, la capacité diminue durant la période de pointe du matin et celle de l'après-midi. Cette réduction peut s'expliquer en bonne partie par le fait que la circulation automobile est priorisée durant ces périodes, en particulier sur le réseau routier artériel, ce qui se traduit par une réduction de la capacité de stationnement durant ces périodes. Aussi, durant le jour, des zones de stationnement sont réservées pour certains véhicules/clientèles, ce qui réduit encore plus la capacité de stationnement où le stationnement est permis pour tous.

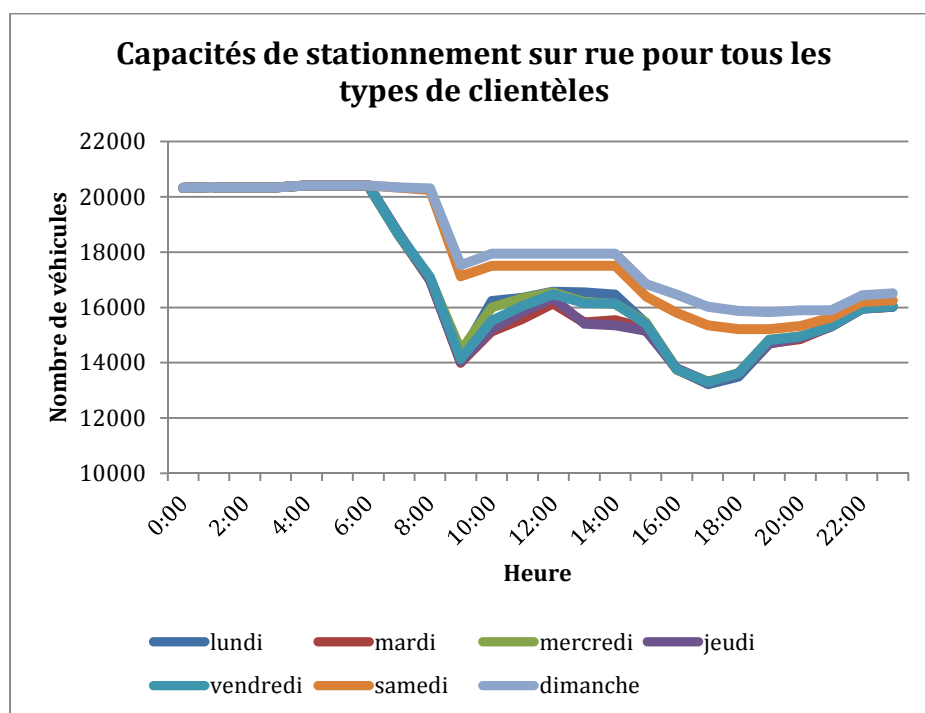


Figure 4-26 Capacités de stationnement sur rue pour tous les types de clientèles (pour une semaine du mois de mai)

De plus, la variabilité inter-journalière n'est pas très importante. En effet, les capacités lors des différents jours de semaine sont similaires, et les capacités du samedi et du dimanche le sont aussi. De cela, il peut être conclu que deux journées types peuvent être créées pour la capacité de

stationnement sur rue gratuite : une journée type de semaine et une journée type de fin de semaine.

La Figure 4-27 illustre quant à elle la variation temporelle des capacités de stationnement sur rue réservé aux résidents, aussi pour une semaine du mois de mai. La dynamique journalière de ce type de stationnement est différente de celle du stationnement pour tous les types de clientèles. En effet, la capacité de stationnement sur rue réservé pour les résidents est presque inexistante durant la nuit, alors qu'elle augmente durant la période de pointe du matin. Par la suite, elle est constante jusqu'à 15 :00, et elle augmente jusqu'à 21 :00, où elle atteint son maximum.

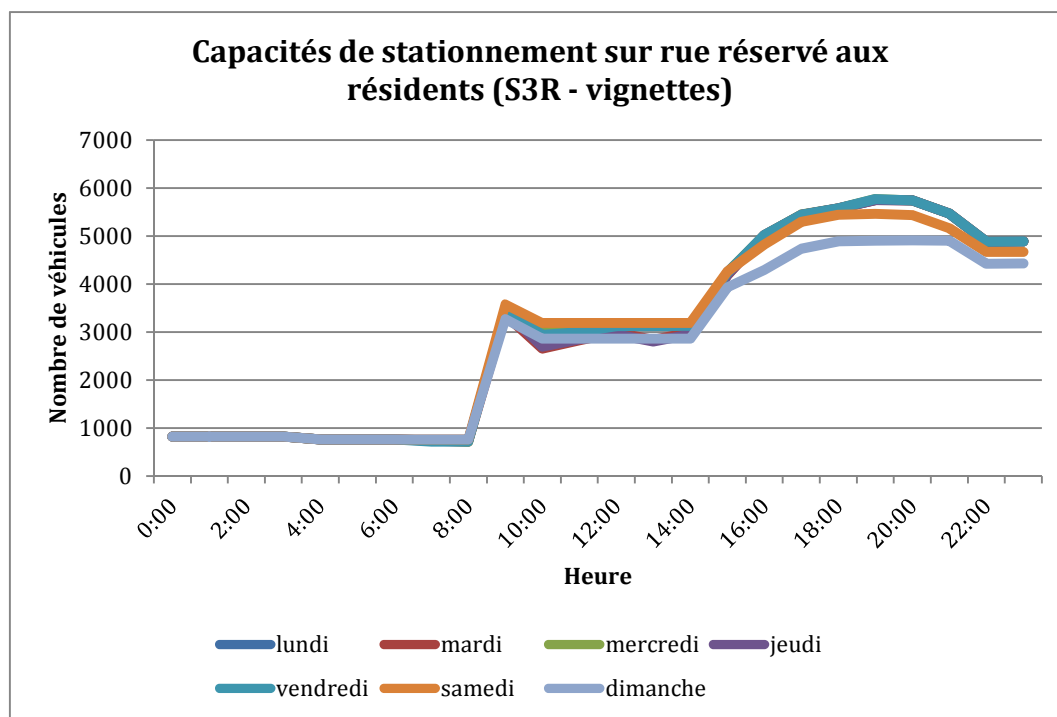


Figure 4-27 Capacités de stationnement sur rue réservé aux résidents (vignettes) (pour une semaine du mois de mai)

Cette augmentation de capacité peut s'expliquer par le besoin de stationnement sur rue des résidents lors de leur retour au domicile en fin d'après-midi et en début de soirée. En regardant les panneaux de stationnement les plus fréquents de la base de données (voir le Tableau 4-3), le troisième type de panneau de stationnement le plus fréquent est le suivant : \P RESERVE S3R 09h-23h. De plus, plusieurs types de panneaux de stationnement réservés pour les résidents sont

en fonction à partir de 9 :00 ou 15 :00, et ce jusqu'à 21 :00 ou 23 :00, ce qui confirme que le stationnement réservé pour les résidents semble être en place pour les raisons suivantes :

- mettre à la disposition des résidents des espaces de stationnement sur rue tout au long de la journée (de 9 :00 à 23 :00), pour leurs différents motifs d'activité;
- mettre à la disposition des résidents des espaces de stationnement sur rue de manière importante durant la fin de la journée pour s'assurer que les résidents puissent se stationner à proximité de leur lieu de résidence lors de leur retour au domicile.

4.2.2 Généralisation de la procédure à d'autres zones d'études

Afin de répondre à un objectif d'opérationnalisation de l'outil de capacités, l'application de la méthode à d'autres zones d'étude doit être faite. La première étape consiste donc à s'assurer que les données nécessaires pour l'application de l'outil à la zone d'intérêt sont existantes, adéquates et disponibles. L'ensemble des arrondissements de la ville de Montréal a été analysé, et il s'avère que seulement 9 des 19 arrondissements de la ville de Montréal possèdent l'ensemble des données nécessaires afin de déterminer la capacité de stationnement sur rue.

Les résultats de cette analyse sont présentés au Tableau 4-4. Les arrondissements qui possèdent l'ensemble des données nécessaires sont marqués d'un astérisque. Il s'avère aussi que ces arrondissements sont ceux qui faisaient partie de l'ancienne ville de Montréal, avant les fusions municipales. En ce qui concerne les données de panneaux, il est de la responsabilité de chaque arrondissement de rendre ces données disponibles. Il s'agit donc ici d'un problème de disponibilité. En ce qui concerne les données cadastrales, il s'avère que les données sont disponibles pour l'ensemble de l'île de Montréal, mais les données sont adéquates pour l'application de la méthode seulement dans les 9 arrondissements de l'ancienne ville de Montréal.

Tableau 4-4 Disponibilité des données nécessaires pour l'application de l'outil de capacités de stationnement sur rue par arrondissement

Arrondissement	Panneaux - stationnement	Panneaux - arrêts d'autobus	Bornes d'incendie	Données cadastrales
-Ahuntsic-Cartierville *	Oui	Oui	Oui	Oui
-anjou	Partiel	Non	Oui	Non
-Cote-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grace *	Oui	Oui	Oui	Oui
L'Ile-Bizard-Sainte-Genevieve	Non	Non	Oui	Non
-Lachine	Oui	Non	Oui	Non
-Lasalle	Partiel	Non	Oui	Non
-Mercier-Hochelaga-Maisonneuve *	Oui	Oui	Oui	Oui
-Montreal-Nord	Partiel	Non	Oui	Non
-Outremont	Oui	Non	Oui	Oui
-Pierrefonds-Roxboro	Partiel	Non	Oui	Non
-Plateau-Mont-Royal *	Oui	Oui	Oui	Oui
-Pointe-aux-Tremble-Riviere-des-Prairies *	Oui	Oui	Oui	Oui
-Rosemont-La-Petite-Patrie *	Oui	Oui	Oui	Oui
-Saint-Laurent	Oui	Non	Oui	Non
-St-Leonard	Oui	Non	Oui	Non
-Sud-Ouest *	Oui	Oui	Oui	Oui
-Verdun-Ile-des-Soeurs	Partiel	Non	Oui	Non
-Ville-Marie *	Oui	Oui	Oui	Oui
-Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension *	Oui	Oui	Oui	Oui

Afin d'étudier les stationnements sur d'autres zones d'études et de valider l'automatisation de la procédure, deux arrondissements pour lesquels toutes les données sont disponibles ont été sélectionnés. Le premier arrondissement est l'arrondissement de Pointe-aux-Tremble-Riviere-des-Prairies, qui est un arrondissement situé aux limites de l'île de Montréal. Le deuxième arrondissement qui a été étudié est l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville. Il s'agit d'un arrondissement un peu moins excentré que le premier. Les territoires occupés par ces deux arrondissements sont illustrés à la Figure 4-28.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-28 Localisation des arrondissements de Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies et d'Ahuntsic-Cartierville

4.2.2.1 Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies

La Figure 4-29 montre la variation temporelle des capacités de stationnement sur rue à travers les jours d'une semaine d'octobre, ce mois ayant été choisi pour que des validations avec les données de l'enquête OD puissent être faites. Il semble que pour cet arrondissement, trois types de journées peuvent être créés : du lundi au jeudi, où la capacité est beaucoup plus faible lors des périodes de pointe du matin et de l'après-midi, le vendredi, et les deux jours de fin de semaine (samedi et dimanche), où la capacité est maximale et varie très peu.

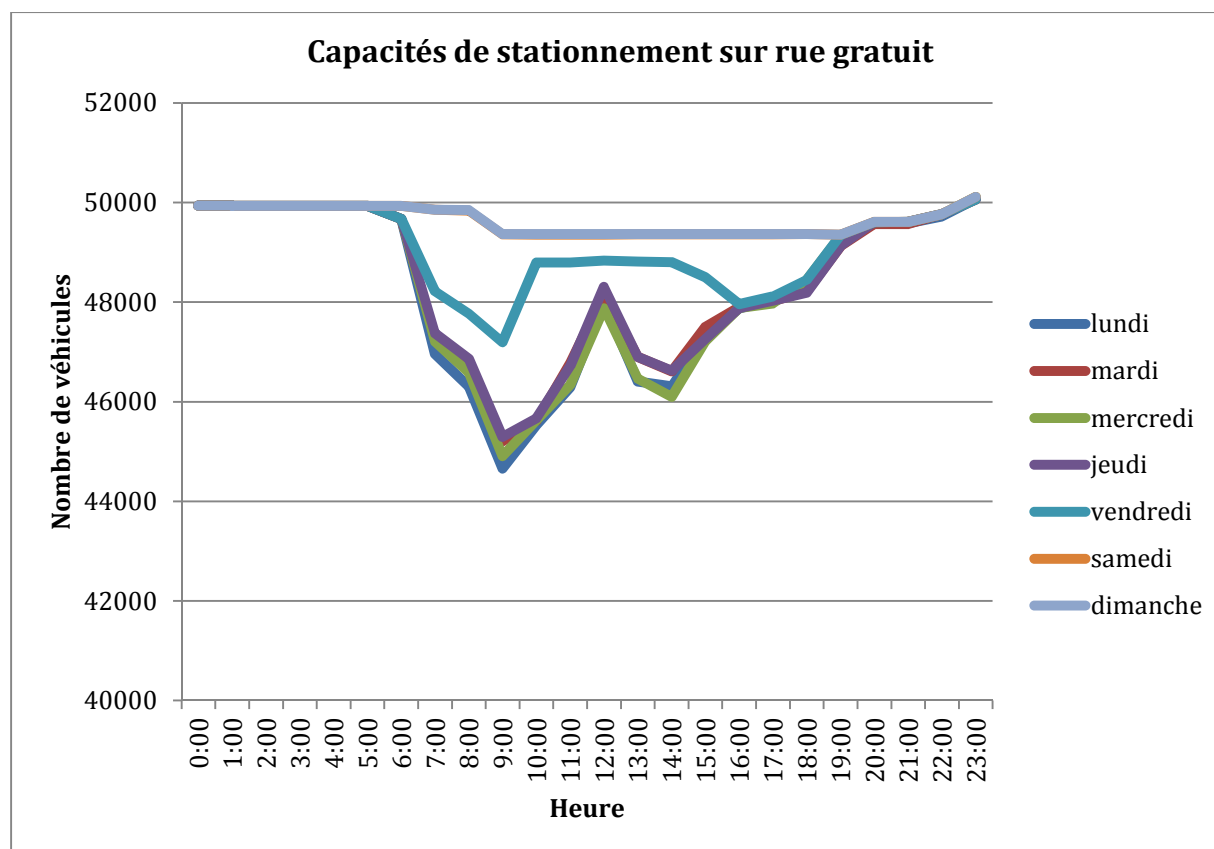
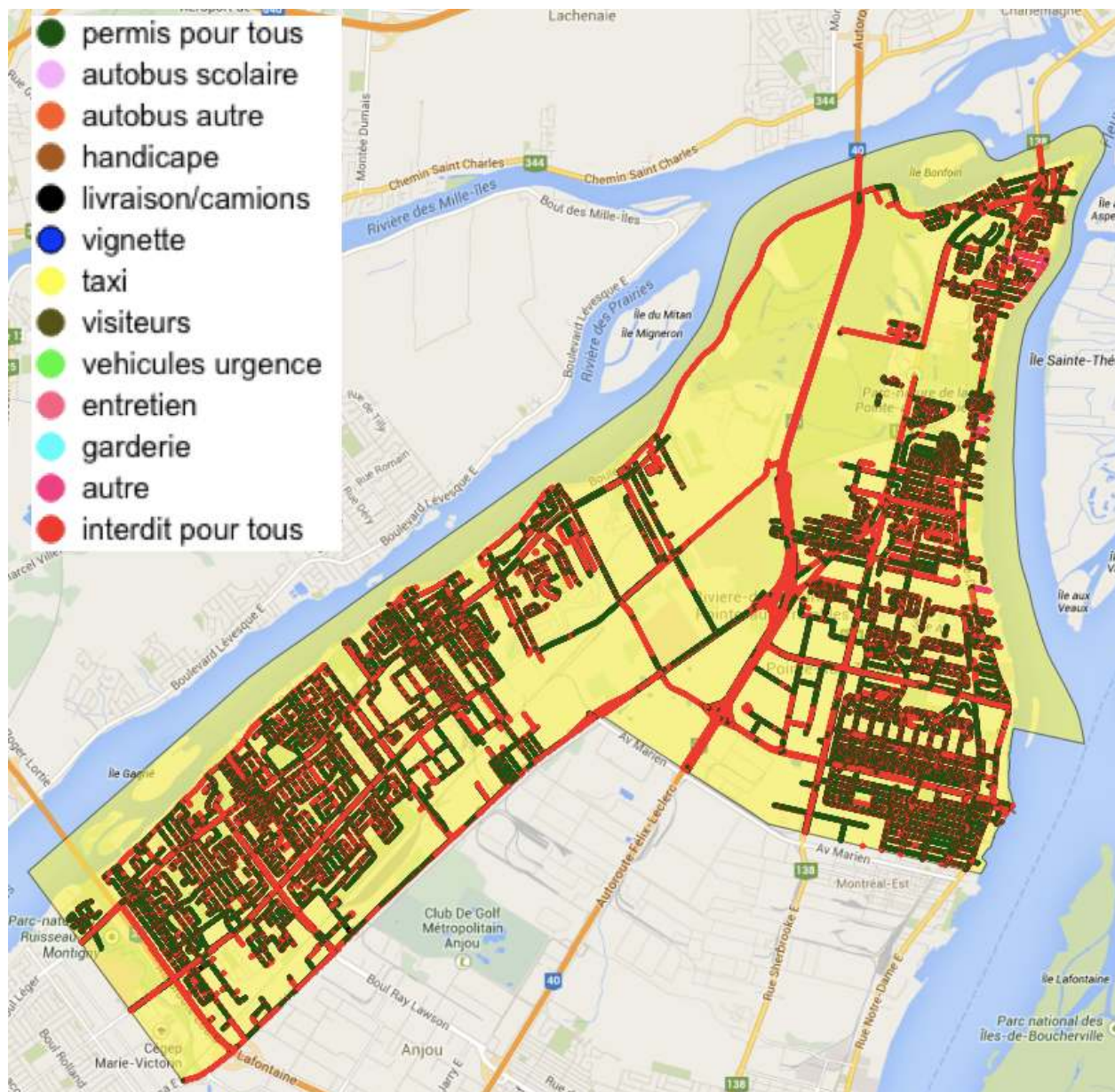


Figure 4-29 Capacités de stationnement sur rue gratuit pour l'arrondissement de Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies (pour une semaine du mois d'octobre)

La Figure 4-30 montre la carte de l'arrondissement de Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies, avec l'état des chaînages le long des tronçons. Il est possible de constater que le long des autoroutes et des rues artérielles, le stationnement est majoritairement interdit. Ensuite, le long des rues résidentielles, il s'agit principalement des entrées privées et des rayons de courbure qui limitent le stationnement.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-30 Carte de l'état du stationnement sur rue pour l'arrondissement de Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies (le lundi, à 12 :00, pour une semaine du mois d'octobre)

4.2.2.2 Ahuntsic-Cartierville

La Figure 4-31 montre l'évolution temporelle du stationnement sur rue réservé aux résidents pour l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville. Ce type de stationnement est surtout présent lors des jours de semaine, et ce durant les périodes de pointe. De plus, il est inexistant la nuit.

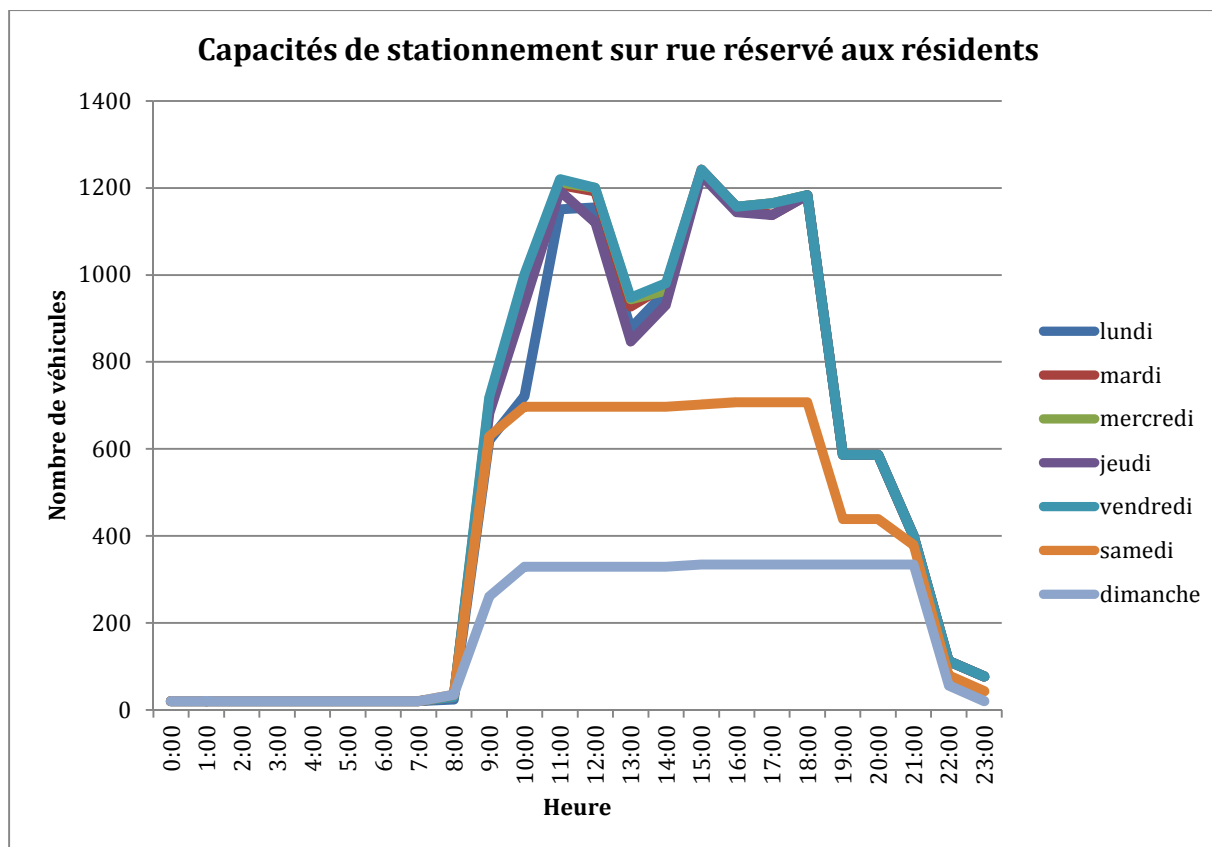


Figure 4-31 Capacités de stationnement sur rue réservé aux résidents pour l'arrondissement de Ahuntsic-Cartierville (pour une semaine du mois d'octobre)

La Figure 4-32 montre quant à elle la capacité de stationnement sur rue gratuit à travers la semaine. Les capacités de stationnement sont très similaires du lundi au vendredi, sauf pour le vendredi dans la journée, où la capacité est légèrement supérieure, probablement à cause des interdictions de stationnement provenant du nettoyage des rues, qui a lieu de manière plus fréquente du lundi au jeudi. Durant la fin de semaine, la capacité est assez constante durant la journée, et elle est légèrement supérieure le dimanche. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la capacité de stationnement sur rue réservé aux résidents le dimanche est beaucoup plus faible que celle du samedi.

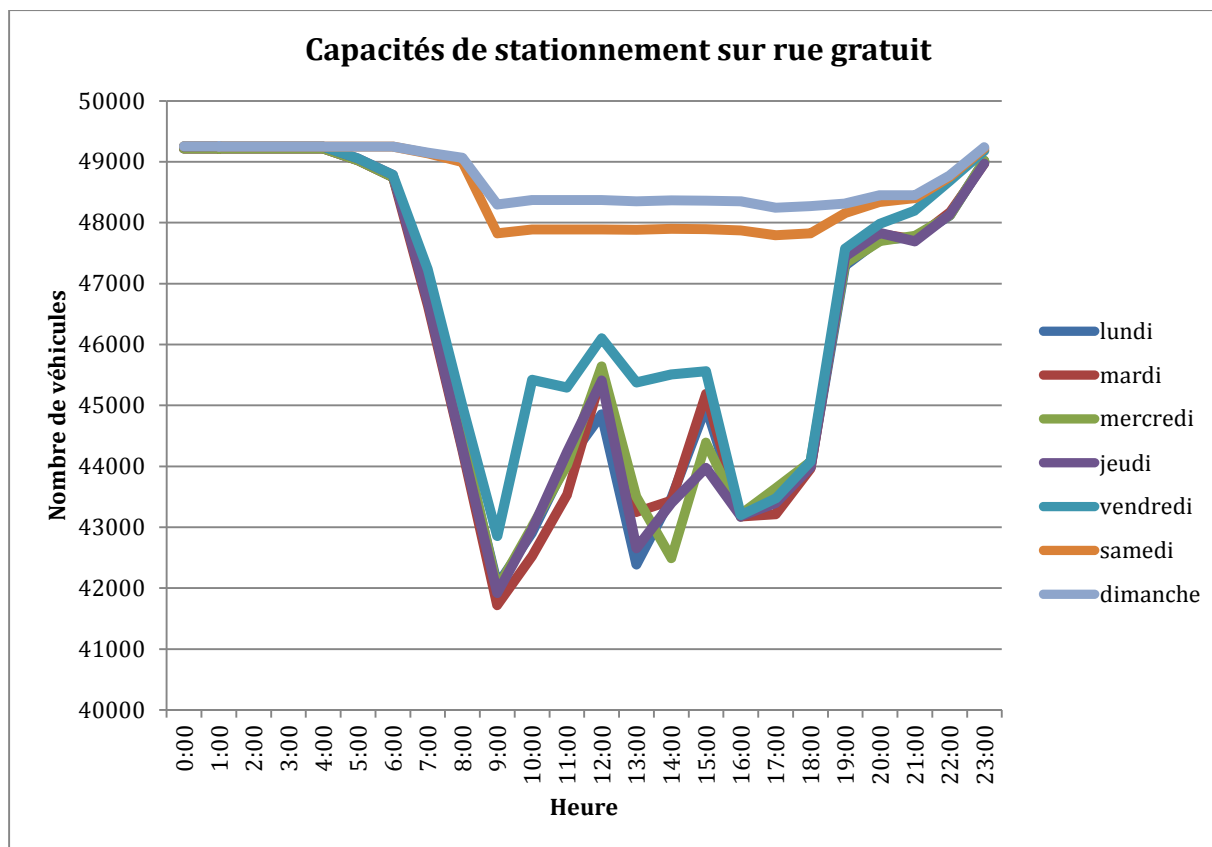


Figure 4-32 Capacités de stationnement sur rue gratuit pour l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville (pour une semaine du mois d'octobre)

Finalement, la Figure 4-33 montre l'état du stationnement sur rue pour l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville. Ici, il y a moins d'entrées privées, mais plus de ruelles qui limitent le stationnement sur les rues résidentielles. Il s'agit d'un arrondissement intéressant à regarder, puisque l'occupation du sol, de même que la densité du réseau, est disparate. En regardant de plus près (Figure 4-34), il est possible de constater que le stationnement sur rue réservé aux résidents est compris dans un petit quadrilatère au centre de l'arrondissement qui est situé à proximité de la station de métro Crémazie, ce qui explique la relativement faible capacité de ce type de stationnement.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-33 Carte de l'état du stationnement sur rue pour l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville (le lundi, à 12 :00, pour une semaine du mois d'octobre)



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 4-34 Carte de l'état du stationnement sur rue pour l'arrondissement d'Ahuntsic-Cartierville (agrandissement) (le lundi, à 12 :00, pour une semaine du mois d'octobre)

4.2.3 Études de cas

L'outil de capacité de stationnement sur rue qui a été développé à la section 3.4 permet d'évaluer l'impact de différents scénarios sur la capacité de stationnement sur rue d'un territoire donné. L'outil peut ainsi devenir un outil d'aide à la décision pour les autorités dans leur gestion de l'espace public que constitue la voirie. Les études de cas présentées ici ne sont que quelques exemples des potentialités d'analyse que l'outil de capacité de stationnement procure. En pratique, de nouvelles études de cas pourront être faites dans le futur, lorsque nécessaire.

4.2.3.1 Application du code de la sécurité routière aux intersections

Selon l'article 386 du code de la sécurité routière du Québec (Gouvernement du Québec, 2014), il est interdit de stationner à moins de 5 mètres du début d'un rayon de courbure d'intersection (l'article 386 du code de la sécurité routière est présenté à l'Annexe 4). Or, une visite sur le terrain, ou la consultation d'outils virtuels, permet rapidement de constater que cette réglementation n'est pas appliquée par les forces de police de la région de Montréal. Cette réglementation est importante puisqu'elle permet d'assurer une visibilité suffisante pour l'ensemble des usagers aux approches d'une intersection, qu'il s'agisse des conducteurs de véhicules, ou bien des usagers vulnérables non-motorisés (piétons, cyclistes, etc).

L'objectif de cette étude de cas est donc d'étudier l'impact de l'application systématique de l'interdiction de stationner à moins de 5 mètres du début de rayon d'une intersection sur la capacité totale de stationnement d'un territoire.

Il est difficile de donner une réponse unique à cette question, puisque la capacité de stationnement varie temporellement, et ainsi l'impact d'une telle interdiction variera donc aussi. Ainsi, afin de démontrer l'effet de l'application de ce règlement sur la capacité de stationnement, la détermination des capacités de stationnement avec et sans l'application de ce règlement a été faite pour une période temporelle précise, à savoir le lundi à 12 :00, au mois de mai.

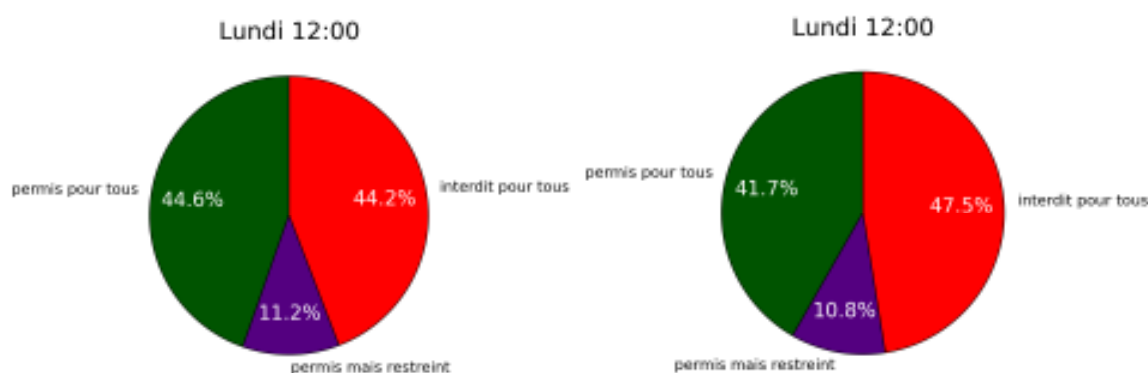


Figure 4-35 Impact de l'application de l'interdiction de stationner à moins de 5 mètres d'un rayon de courbure d'intersection

La Figure 4-35 montre l'impact de l'application de la réglementation sur l'état des bords de rue. De façon générale, l'application de la réglementation se traduit par une diminution de 2.1 % des

longueurs de bords de rue où le stationnement est permis pour tous, alors que le stationnement sujet à des restrictions sur le type de clientèle diminue de seulement 0.4 %. En faisant l'hypothèse d'une longueur intervéhiculaire de 7 mètres, il est possible d'estimer que cette mesure aurait comme impact une réduction de la capacité de stationnement sur rue d'environ 2100 espaces. En considérant qu'il y a environ 20 500 espaces de stationnement sur rue disponibles à cet instant, la mesure entraînerait une réduction de la capacité de stationnement sur rue d'un peu plus de 10 %.

La Figure 4-36 montre l'impact de l'application de ce règlement sur les capacités de stationnement permis mais restreint à un certain type de clientèle. La proportion totale de stationnement permis mais restreint passe de 11.2 % à 10.8%, ce qui représente une baisse somme toute faible de ce type de stationnement. Cependant, il importe de souligner que la baisse de capacité est presque toute appliquée à un type de clientèle, à savoir le stationnement réservé aux résidents (zones de vignettes). Le stationnement qui est réservé pour les autres types de clientèles que celui réservé pour les résidents est généralement situé en face des entrées des bâtiments, et il est donc rarement près des rayons de courbure des intersections.

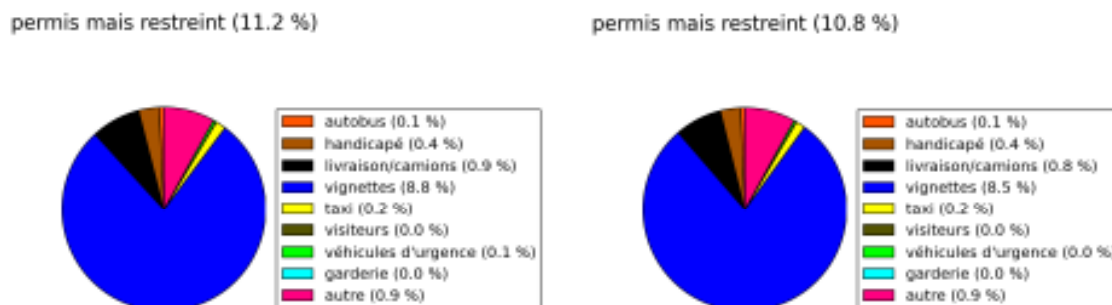


Figure 4-36 Impact de l'application de l'interdiction de stationner à moins de 5 mètres d'un rayon de courbure d'intersection sur les stationnements permis mais restreints à un type de clientèle

4.2.3.2 Modification de la composition du parc automobile

Un autre exemple de scénario consiste à déterminer l'impact d'une modification de la composition du parc automobile sur la capacité. En effet, de plus en plus de petites voitures font leur apparition sur les routes du Québec. Ainsi, un scénario qui a été étudié est le suivant :

- de combien la capacité de stationnement sur rue serait augmentée si 25 % du parc automobile était composé de voitures compactes, par exemple des Smart Fortwo, avec une longueur intervéhiculaire de 4 mètres ?

En utilisant l'outil de capacités de stationnement sur rue, il a été possible de déterminer que cette modification du parc automobile engendrerait une augmentation de la capacité de stationnement sur rue gratuit de 15 % à 17 %, selon l'heure et la journée de la semaine. Ainsi, une simple modification du parc automobile engendrerait une modification majeure des capacités de stationnement, ce qui pourrait avoir une influence non négligeable sur le choix modal des personnes ou sur la possibilité de valoriser une certaine part de l'emprise à d'autres fins tout en préservant la capacité de stationnement. La Figure 4-37 illustre l'impact de cette modification sur les capacités de stationnement sur rue.

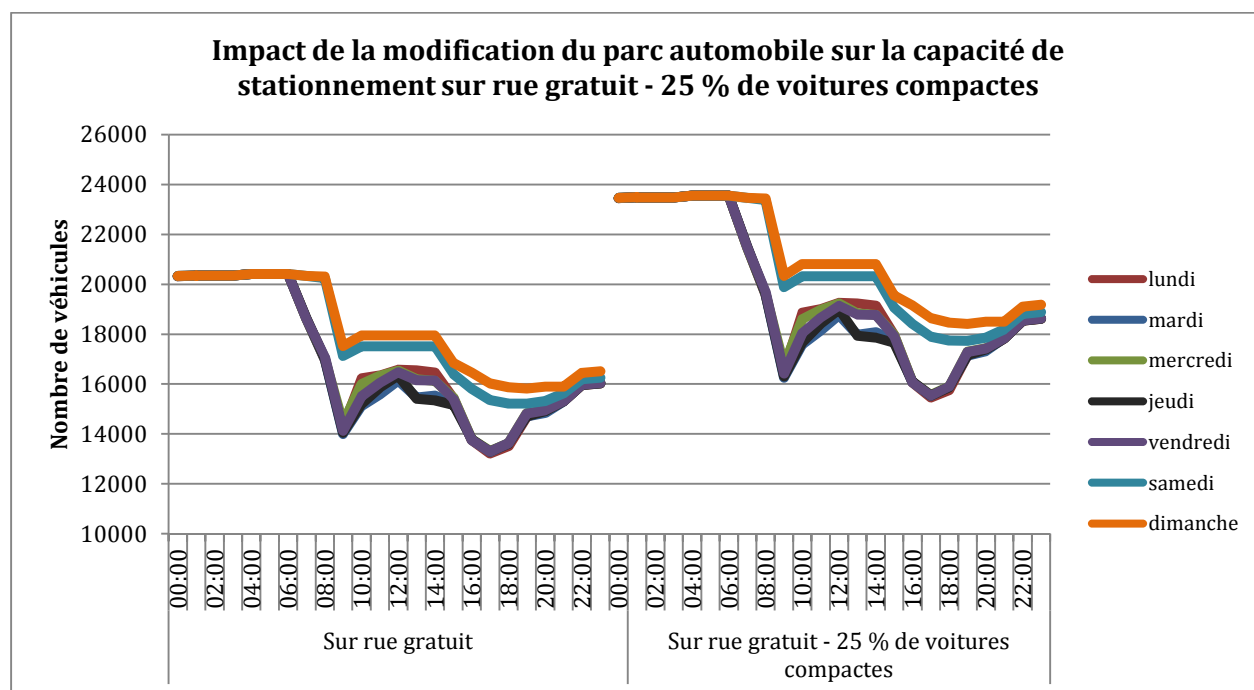


Figure 4-37 Impact de la modification du parc automobile sur la capacité de stationnement gratuit - 25 % de voitures compactes

CHAPITRE 5 UTILISATION DES STATIONNEMENTS

Tel que défini à la section 3.3.5, les données sur l'utilisation des stationnements proviennent de l'enquête Origine-Destination (OD).

Ces données peuvent permettre de caractériser l'utilisation des stationnements selon plusieurs caractéristiques sociodémographiques du conducteur, notamment :

- l'âge;
- le genre;
- le nombre de personnes dans le ménage;
- le nombre de véhicules possédés par le ménage.

Les données de l'enquête OD permettent également d'étudier l'utilisation des stationnements selon le type de stationnement qui est utilisé et selon le type d'activité effectuée à la destination par le conducteur (par le biais du motif de déplacement).

5.1 Profils d'accumulation de véhicules

Les résultats qui suivent proviennent de l'application de la méthode à un territoire d'étude donné, à savoir l'arrondissement du Plateau Mont-Royal. Le fait d'étudier ce territoire va par la suite permettre de comparer l'utilisation des stationnements avec la capacité réelle de stationnement sur rue déterminée avec les données cadastrales et les données de réglementation de stationnement sur rue.

La Figure 5-1 montre le PAV de l'arrondissement du Plateau Mont-Royal, pour chaque type de stationnement défini dans l'enquête OD. Tout d'abord, il importe de souligner que plus de 14700 véhicules sont immobiles au cours de la journée. Il s'agit de véhicules qui sont possédés par des ménages de l'arrondissement et qui n'ont pas été utilisés selon les hypothèses énoncées précédemment. L'utilisation des différents types de stationnement varie différemment au cours de la journée. Par exemple, le stationnement sur rue gratuit est plus utilisé durant la journée, et cela peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'un arrondissement qui attire des travailleurs et des étudiants durant le jour. Le stationnement de type « au domicile » diminue durant la journée, probablement car les résidents quittent leur lieu de domicile en pointe du matin pour se rendre à

leurs lieux d'activités. Les stationnements qui sont subventionnés sont principalement utilisés entre 7 :00 et 18 :00, ce qui est cohérent avec les heures types de travail et de certains commerces.

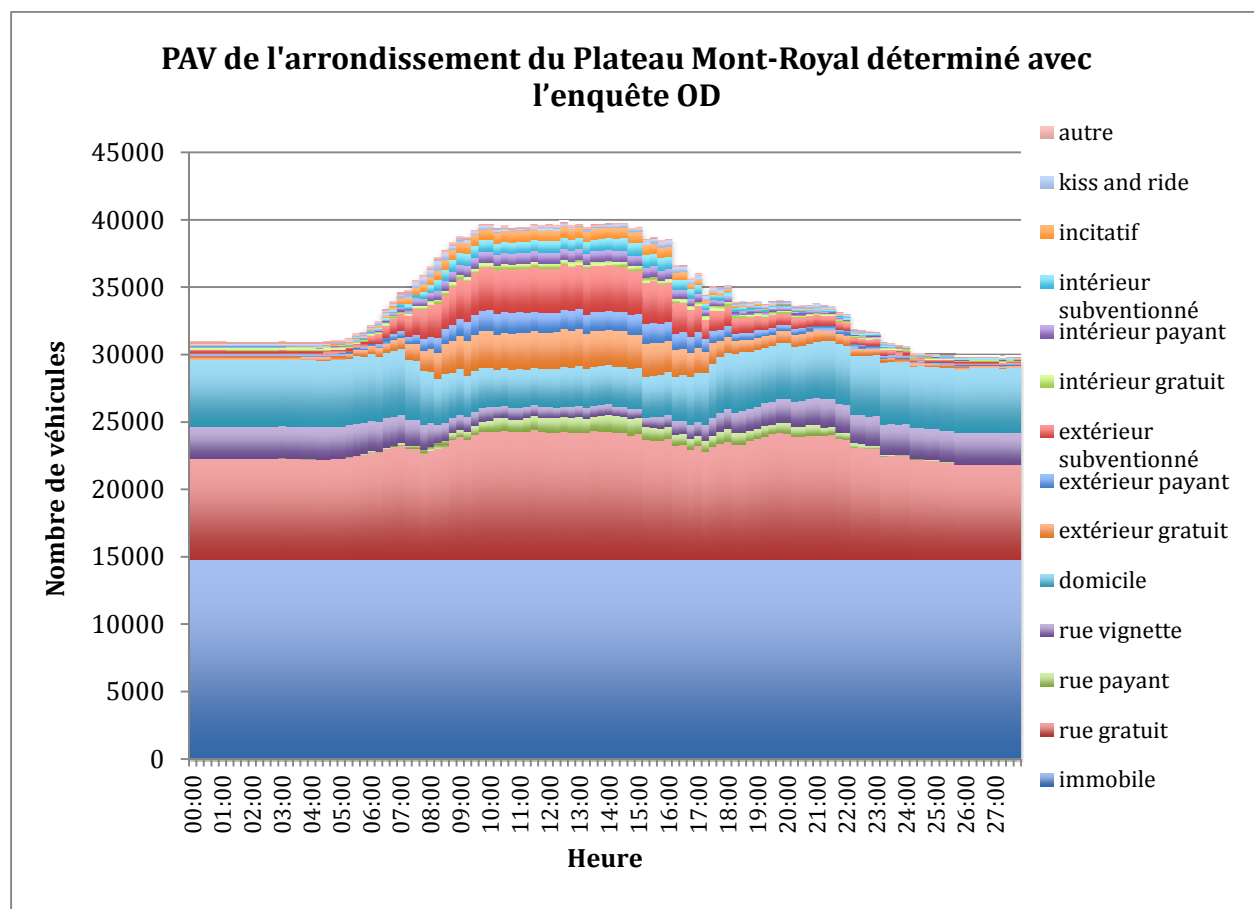


Figure 5-1 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal déterminé avec l'enquête OD

La Figure 5-2 montre le PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal selon le motif de déplacement. Il est possible de remarquer que les déplacements ayant comme motif le travail sont ceux qui font le plus augmenter le nombre de véhicules stationnés dans l'arrondissement lors de la journée, ce qui est cohérent puisqu'il s'agit d'un arrondissement central qui attire des travailleurs au cours de la journée. Il est aussi possible de voir qu'il y a une symétrie entre les véhicules stationnés au domicile la nuit et l'avant-midi et ceux qui sont de retour au domicile en après-midi et en soirée. Quant aux véhicules stationnés pour des déplacements de type loisir, ils commencent en après-midi et sont majoritairement concentrés en soirée. Il y a relativement peu de déplacements ayant comme motif les études. En effet, l'arrondissement du Plateau-Mont-

Royal n'abrite pas de grandes institutions d'enseignement, ce qui peut expliquer qu'il y a très peu d'étudiants qui se stationnent dans cet arrondissement.

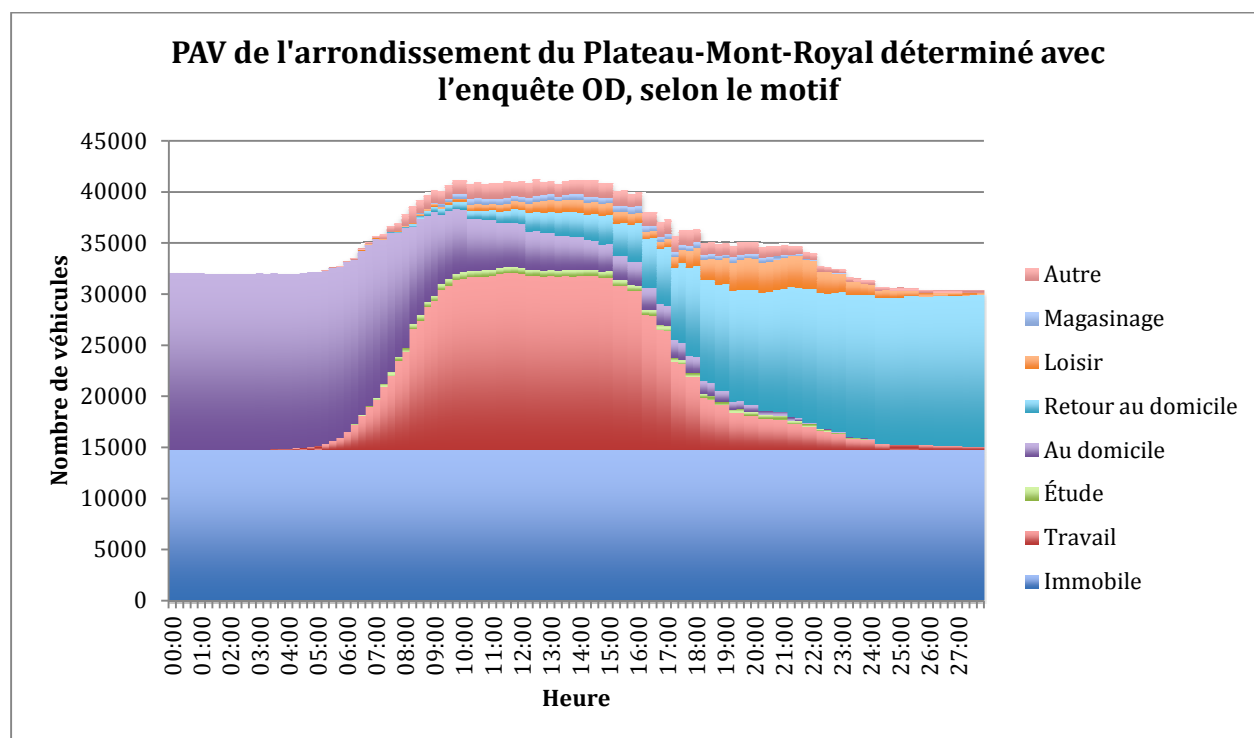


Figure 5-2 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal déterminé avec l'enquête OD, selon le motif

5.2 Profils d'accumulation de véhicules par jour de la semaine

Afin de raffiner la compréhension de l'utilisation des stationnements, une analyse des données par jour de la semaine a été faite. Pour ce faire, les facteurs de pondération qui ont été utilisés ne considèrent que les déplacements qui ont été faits pour un jour donné de la semaine. Ces facteurs de pondération ont été calculés en faisant l'hypothèse que les biais sociodémographiques pour chaque jour de la semaine sont les mêmes. De plus, lors de l'analyse des résultats, il importe de tenir compte du fait que la taille de l'échantillon par jour d'analyse est considérablement réduite (environ 5 fois plus petite). Le Tableau 5-1 montre les statistiques sur les facteurs de pondération journaliers des personnes. La moyenne est très élevée, se situant à près de 126, et les facteurs de pondérations varient grandement, de 11 à plus de 850. Cette variabilité sera prise en compte lors de l'analyse subséquente.

Tableau 5-1 Statistiques sur les facteurs de pondération des personnes par jour de la semaine de l'enquête OD

Élément	Valeur
Nombre d'observations	156720
Moyenne	125.7
Écart-type	39.6
Minimum	11.6
25%	97.7
50%	119.9
75%	147.0
Maximum	856.0

Ces facteurs de pondération élevés sont une conséquence directe de la taille des échantillons, qui diminue en segmentant l'enquête OD pour chaque jour de l'année. Les échantillons pour l'ensemble des déplacements auto-conducteur de l'enquête OD, de même que ceux à destination de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal, sont présentés au Tableau 5-2. Il est possible de voir que la segmentation en différents jours des déplacements à destination du Plateau-Mont-Royal diminue la taille de l'échantillon des déplacements auto-conducteurs avec stationnement sur rue gratuit à quelques centaines d'observations, et quelques dizaines d'observations pour le stationnement sur rue réservé aux résidents.

Tableau 5-2 Échantillons des déplacements auto-conducteur de l'enquête OD

Territoire	Grande région de Montréal	Plateau-Mont-Royal		
Type	auto-conducteur	auto-conducteur	auto-conducteur avec stationnement sur rue gratuit	auto-conducteur avec stationnement sur rue réservé aux résidents
Lundi	30819	593	229	46
Mardi	33919	704	228	85
Mercredi	32289	627	206	50
Jeudi	35421	693	259	62
Vendredi	35358	802	327	71
Total	167806	3419	1249	314

Pour mieux comparer les journées entre elles, chaque type de stationnement a été représenté sans additionner les courbes comme pour les figures de la section précédente, puisque la juxtaposition de plusieurs PAV sur un même graphique serait difficile à lire. La Figure 5-3 montre le PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal pour le stationnement sur rue gratuit pour chaque

journée de la semaine. Une importante variabilité journalière peut être observée. Par exemple, le vendredi (et à moindre échelle le jeudi), il semble y avoir une utilisation du stationnement sur rue plus élevée en soirée, ce qui peut s'expliquer par un nombre d'activités de type loisir ou magasinage plus élevé. Cela est aussi cohérent avec les heures d'ouvertures de certains commerces et restaurants, qui sont ouverts plus tard le jeudi et/ou le vendredi soir. Le lundi, le mardi et le mercredi semblent être les journées où l'utilisation des stationnements est plus faible. Ainsi, les 5 jours de la semaine peuvent être séparés en deux catégories : une journée où il y a moins d'utilisation des stationnements (lundi à mercredi) et une autre journée où il y a une utilisation accrue des stationnements, surtout en soirée (jeudi et vendredi).

Autre fait important à noter : il semble que la variabilité inter-journalière est plus faible dans la journée. En effet, entre 7 :00 et 17 :00, les PAV journaliers semblent être plus près du PAV moyen de la semaine que pendant le reste de la semaine. Cela peut s'expliquer par le fait que les déplacements de type travail et étude, qui sont généralement fait durant ces heures, sont sujets à moins de variabilité que les déplacements faits pour des motifs loisirs ou magasinage qui sont généralement faits en soirée.

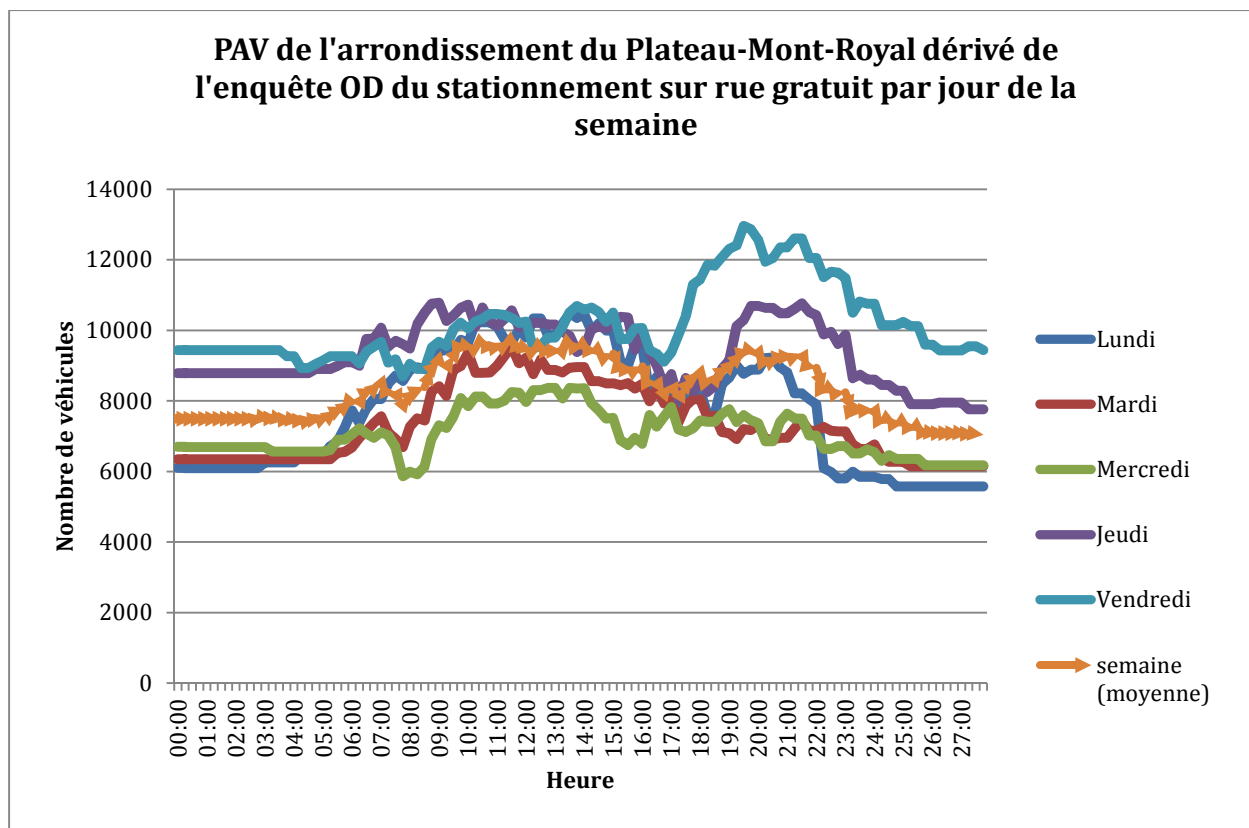


Figure 5-3 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal dérivé de l'enquête OD du stationnement sur rue gratuit par jour de la semaine

Avec les PAV journaliers calculés, il est possible de déterminer une capacité théorique de stationnement pour chaque jour de la semaine. L'hypothèse qui est ici faite est que si, à un moment de la journée, un nombre de véhicules est stationné dans l'arrondissement, la capacité de stationnement est au moins équivalente à cette valeur. Le Tableau 5-3 montre les capacités théoriques de stationnement sur rue gratuit dérivées des PAV de la Figure 5-3. Il est important de garder en tête que les résultats du Tableau 5-3 ne tiennent pas compte de la variabilité temporelle de l'offre de stationnement. Cette variabilité sera prise en compte lors de la validation des données de l'enquête OD avec les données de capacités de stationnement sur rue, qui sera faite au Chapitre 6. Comme mentionné plus tôt, les capacités théoriques de stationnement sont plus élevées à la fin de la semaine, le jeudi et le vendredi. Il est à noter que pour la période du lundi au mercredi, la capacité théorique diminue. En ce qui concerne l'heure où la capacité théorique est atteinte, elle survient généralement en milieu de journée, sauf le jeudi où elle survient dans l'avant-midi, et le vendredi où elle est atteinte en début de soirée.

Tableau 5-3 Capacités théoriques de stationnement sur rue gratuit de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal

Période	Capacité théorique (espaces)	Heure où la capacité théorique est atteinte
lundi	10481	13:30
mardi	9553	11:30
mercredi	8374	13:30
jeudi	10788	09:00
vendredi	12963	19:30
semaine (moyenne)	9682	11:30

La Figure 5-4 montre le PAV du Plateau-Mont-Royal pour le stationnement sur rue réservé aux résidents. Encore une fois, la variabilité entre les différents jours de la semaine est assez importante. Cependant, les journées où le stationnement réservé aux résidents est le plus élevé sont le mardi et le mercredi, ce qui est l'inverse du stationnement sur rue gratuit. Il n'y a pas vraiment de justification pour cette différence journalière, hormis le fait que les premières journées de la semaine (lundi, mardi et mercredi), sont généralement celles où il y a le plus de déplacements motif travail, et ce type de déplacement peut être corrélé avec l'utilisation du stationnement sur rue réservé aux résidents. La même observation que pour le stationnement sur rue gratuit peut être faite, à savoir que la variabilité journalière est plus faible durant la journée qu'en soirée ou tôt le matin.

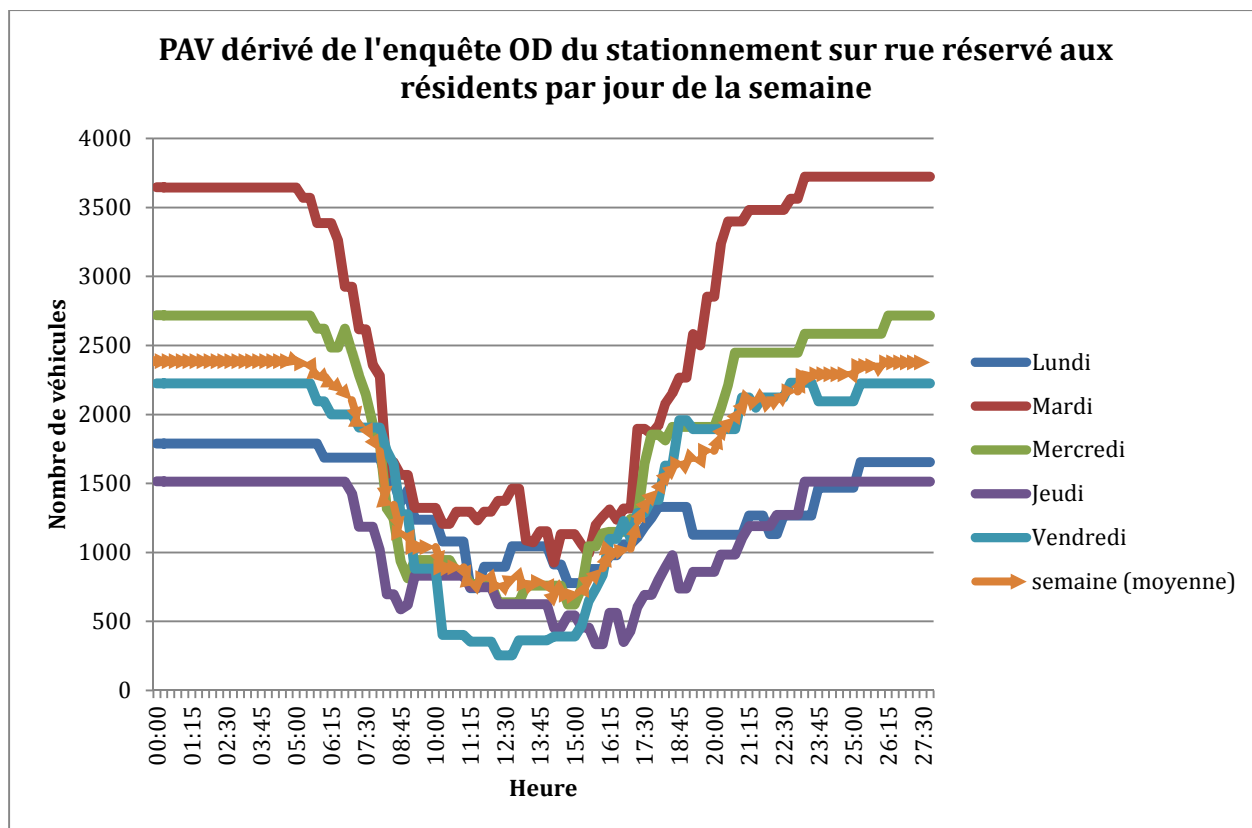


Figure 5-4 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal dérivé de l'enquête OD du stationnement sur rue réservé aux résidents par jour de la semaine

Le Tableau 5-4 montre les capacités théoriques de stationnement sur réservé aux résidents. Ces capacités sont atteintes entre 23 :00 et 00 :00, ce qui est cohérent puisqu'il s'agit d'un type de stationnement qui permet aux résidents de se stationner près de leur lieu de domicile au retour de leurs activités de la journée. Ainsi, l'accumulation des véhicules est en augmentation dès la fin de l'après-midi, vers 16 :30, et ce jusqu'à la fin de la soirée et le début de la nuit. Il est aussi possible de remarquer que les capacités théoriques de stationnement sont plus faibles que la moyenne le jeudi, et beaucoup plus élevées que la moyenne le mardi. Aucune explication ne semble pouvoir expliquer ces résultats. Il est cependant important de garder en tête que la taille de l'échantillon des déplacements auto-conducteur utilisant le stationnement sur rue réservé aux résidents est petite, ce qui fait augmenter l'incertitude.

Tableau 5-4 Capacités théoriques de stationnement réservé aux résidents de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal

Période	Capacité théorique (espaces)	Heure où la capacité théorique est atteinte
lundi	1788	00:00
mardi	3724	23:15
mercredi	2717	00:00
jeudi	1514	00:00
vendredi	2230	22:45
semaine (moyenne)	2386	00:00

La Figure 5-5 montre, quant à elle, les PAV pour chaque jour de la semaine, tous les types de stationnement confondus. Les PAV globaux sont similaires aux PAV du stationnement sur rue gratuit, avec des pics qui surviennent durant la journée. La principale différence entre la Figure 5-3 et la Figure 5-5 survient le vendredi, en soirée, où l'utilisation du stationnement sur rue gratuit est plus élevée que durant la journée.

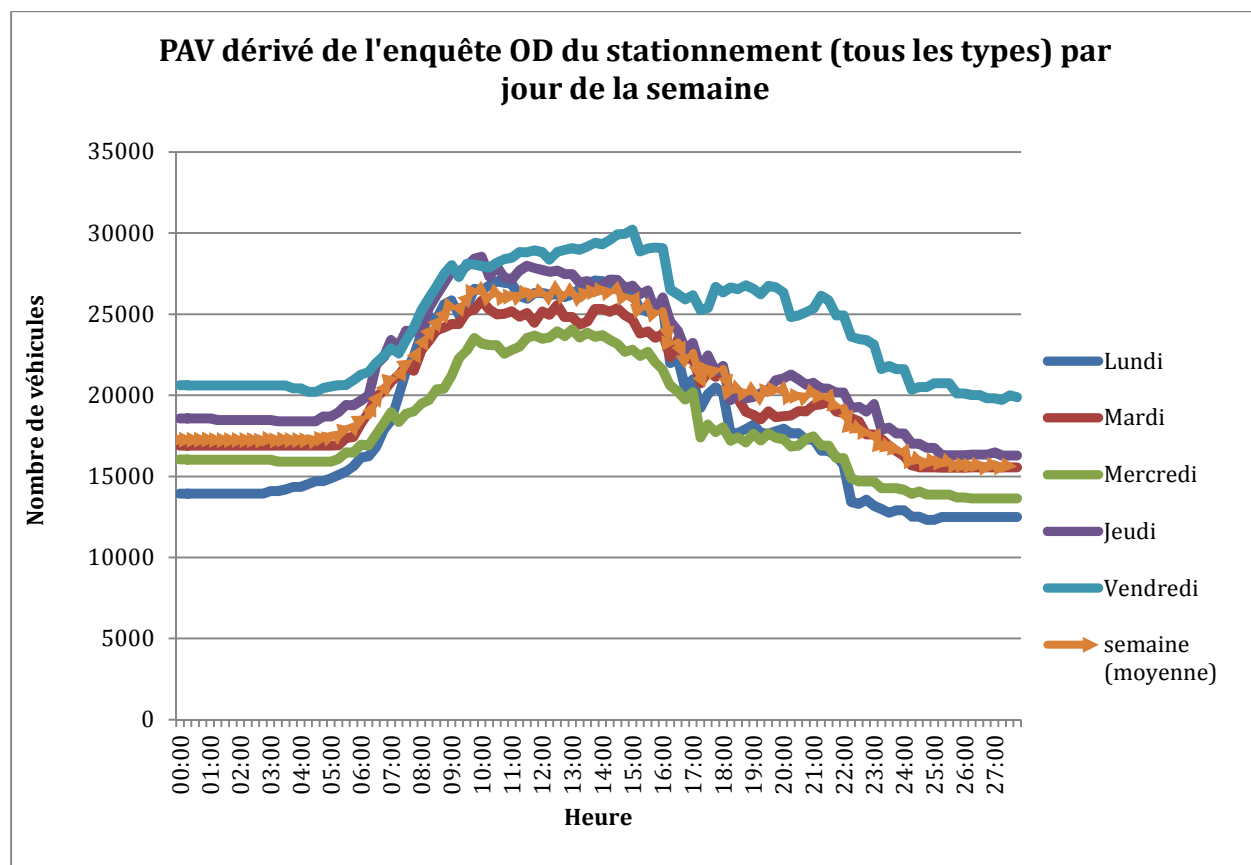


Figure 5-5 PAV de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal dérivé de l'enquête OD du stationnement (tous les types) par jour de la semaine

Les capacités théoriques de stationnement sont présentées au Tableau 5-5, et il est possible de constater qu'elles surviennent toutes durant la journée, entre 10 :00 et 15 :00. Une fois de plus, la capacité théorique de stationnement est atteinte plus tard le vendredi que pour les autres jours de la semaine, ce qui dénote une utilisation accrue des stationnements le vendredi, en après-midi ainsi qu'en soirée.

Tableau 5-5 Capacités théoriques de stationnement sur rue (tous les types) de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal

Période	Capacité théorique (espaces)	Heure où la capacité théorique est atteinte
lundi	27081	13:45
mardi	25834	10:00
mercredi	24067	13:00
jeudi	28534	10:00
vendredi	30208	15:00
semaine (moyenne)	26468	12:30

Il est aussi possible d'analyser qui utilise le stationnement, par exemple en examinant les lieux de domicile des personnes se stationnant dans la zone à l'étude. Pour ce faire, des profils d'accumulation de véhicules sont créés par région de domicile du conducteur ayant fait le déplacement. Les régions utilisées sont les suivantes :

- l'île de Montréal;
- l'arrondissement à l'étude (ici le Plateau-Mont-Royal)
- l'agglomération de Longueuil;
- l'agglomération de Laval;
- la rive-sud de Montréal (à l'exception de Longueuil);
- la rive-nord de Montréal;

La Figure 5-6 montre le PAV du Plateau Mont-Royal, segmenté par lieu de domicile des conducteurs, pour un lundi. Il est possible de voir que les résidents de l'île de Montréal se stationnent durant toute la journée, soit de 7 :00 à 23 :00. Les conducteurs ne résidant pas sur l'île, eux, semblent se stationner sur le Plateau-Mont-Royal seulement durant le jour, de 7 :00 à 17 :30, probablement pour des activités de travail. De plus, la nuit, il ne semble y avoir que les

résidents de l'île de Montréal qui restent stationnés dans l'arrondissement, ce qui est cohérent puisque les gens retournent en général à leur domicile la nuit.

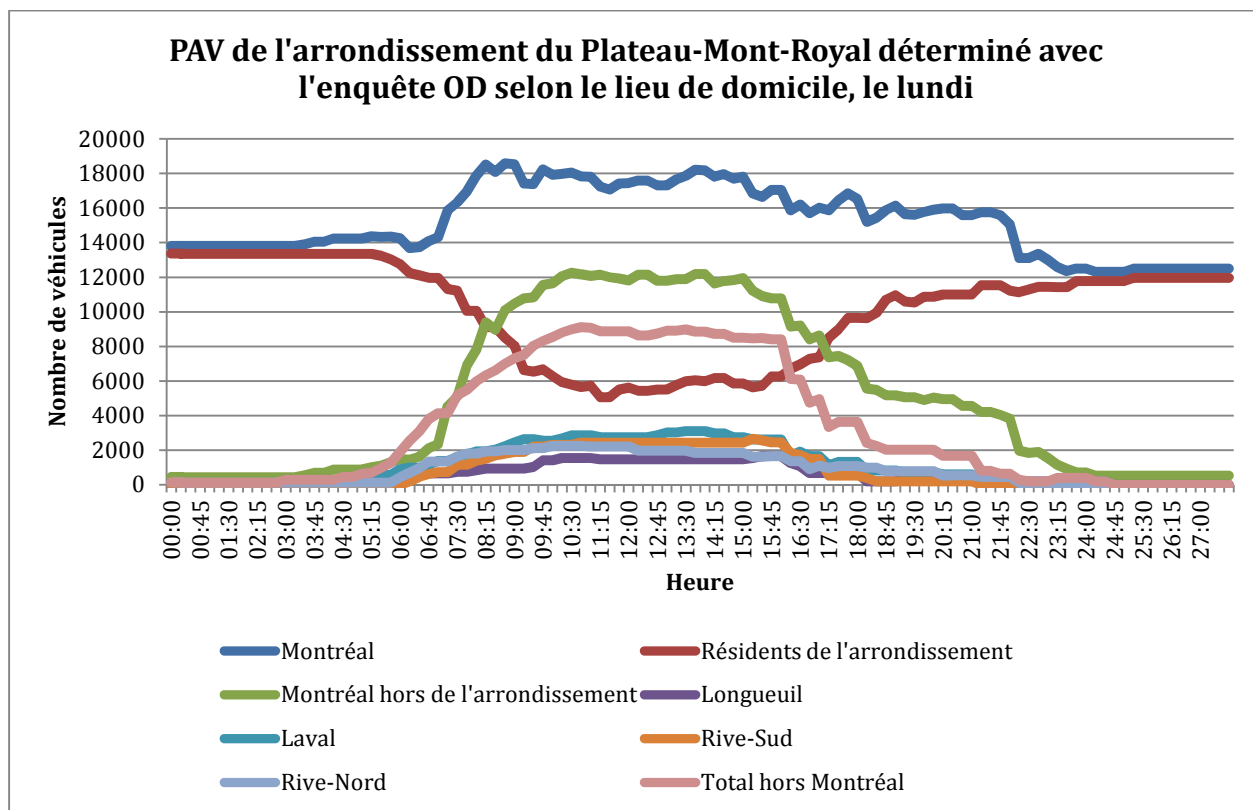


Figure 5-6 PAV du Plateau-Mont-Royal déterminé avec l'enquête OD selon le lieu de domicile, le lundi

La Figure 5-7 montre les mêmes résultats, mais cette fois-ci pour le vendredi. Ici, les comportements des montréalais sont différents du lundi. En effet, beaucoup de montréalais vont se stationner sur le Plateau-Mont-Royal le soir, entre 18 :00 et 24 :00, afin, probablement d'effectuer des activités de type loisir ou magasinage. Ce comportement est aussi observé chez ceux ne vivant pas sur l'île, quoiqu'une proportion élevée d'entre eux semblent toujours se stationner dans le Plateau-Mont-Royal seulement pour venir au travail durant la journée.

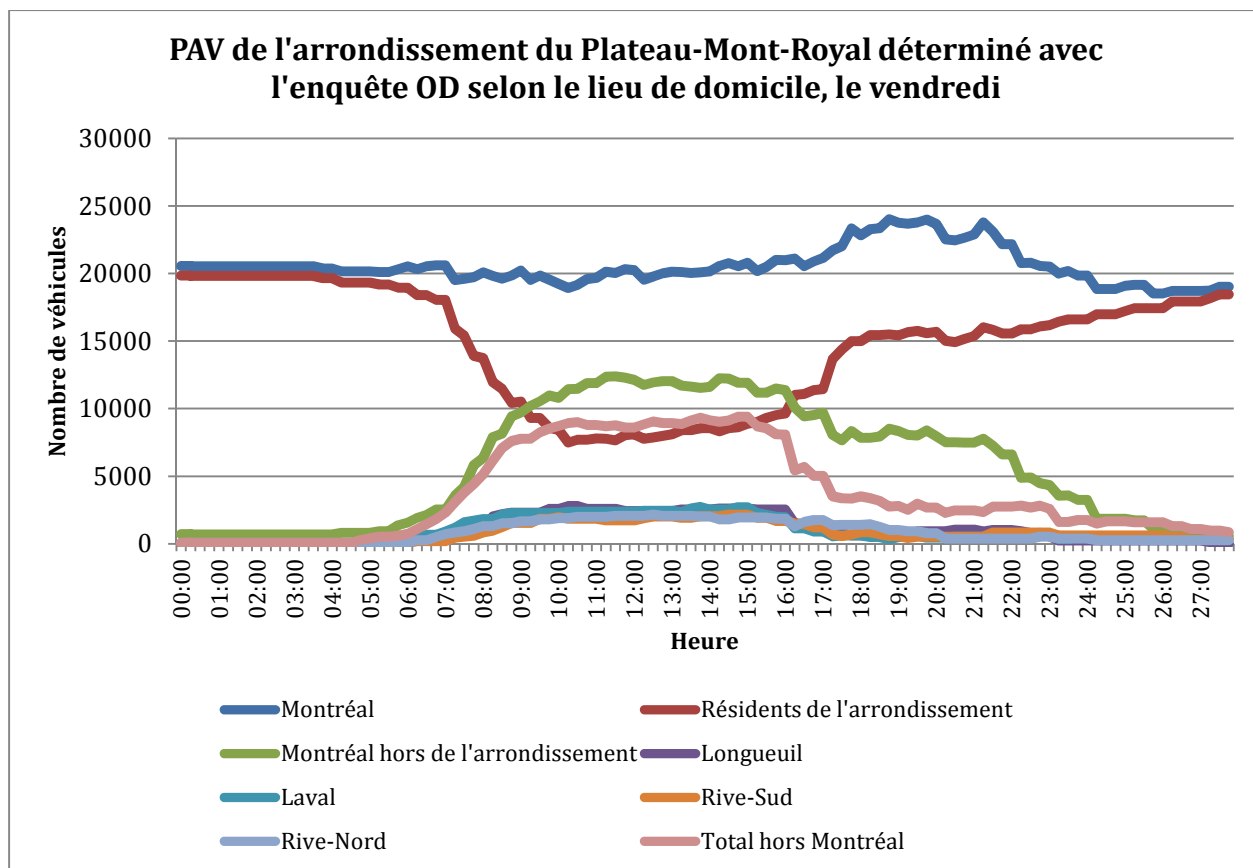


Figure 5-7 PAV du Plateau-Mont-Royal déterminé avec l'enquête OD selon le lieu de domicile, le vendredi

Les PAV du mardi, du mercredi et du jeudi sont présentés à l'Annexe 5.

Des statistiques démographiques peuvent aussi être calculées à l'aide des profils d'accumulation des véhicules. Par exemple, il est possible de calculer l'âge moyen pondéré des personnes s'étant stationnées, et ce par jour de la semaine, de même que leur genre. Le Tableau 5-6 montre ces résultats. En ce qui concerne le genre, il ne semble pas y avoir de différences entre les différents jours de la semaine, sauf le mercredi où les hommes semblent plus se stationner que les femmes, cependant les différences ne sont pas nécessairement significatives. En ce qui concerne l'âge moyen, de manière générale il diminue du lundi au vendredi, ce qui est cohérent puisque les personnes plus jeunes vont probablement effectuer plus de déplacements à la fin de la semaine, comme sortir dans des bars ou aller magasiner.

Tableau 5-6 Statistiques démographiques sur les utilisateurs du stationnement de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal, par jour de la semaine

	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi
homme	55 %	57 %	61 %	55 %	53 %
femme	45 %	43 %	39 %	45 %	47 %
âge moyen	43.6	43.9	43.1	43.3	42.2

Afin de mieux étudier la variabilité journalière de l'âge des personnes se stationnant, des cohortes d'âge ont été créées. Ces cohortes ont été créées de manière intuitive, à tous les 10 ans entre 25 ans et 65 ans. L'utilisation des stationnements pour chaque cohorte a été calculée en faisant la somme des « actes de stationnements », c'est-à-dire le nombre de personnes de la cohorte s'étant stationné lors d'une journée donnée. Les résultats sont présentés à la Figure 5-8. Chez les personnes de moins de 25 ans, l'utilisation des stationnements est beaucoup plus élevée le jeudi et le vendredi. Chez les 65 ans et plus, l'utilisation des stationnements est uniforme pour chaque jour de la semaine.

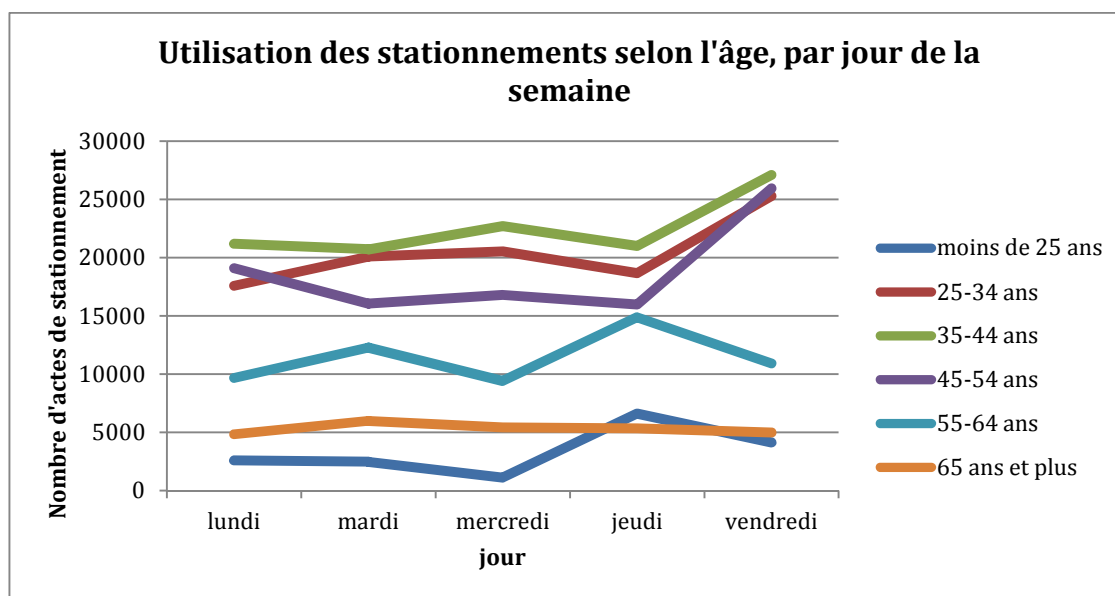


Figure 5-8 Utilisation des stationnements selon l'âge, par jour de la semaine

CHAPITRE 6 SYSTÈME D'INFORMATION SUR LES STATIONNEMENTS

Un des objectifs de ce projet de recherche est d'intégrer les estimés d'offre de stationnement et les comportements d'utilisation dans un système d'information. Pour ce faire, une validation des capacités théoriques sera faite avec les estimés des capacités de stationnement provenant des données de réglementation et des indicateurs seront proposés.

6.1 Validation des capacités théoriques de stationnement

Dans un précédent projet de recherche (Diallo, 2012), des capacités théoriques de stationnement ont été estimées, selon la même méthode que celle décrite et automatisée dans le chapitre précédent. Afin de valider ces données, un inventaire sur un quadrilatère de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal a été fait. Il a pu être déterminé que le ratio entre les capacités théoriques de stationnement sur rue, sans tenir compte de la réglementation, et les capacités réelles de stationnement sur rue est d'environ 0.4.

Avec l'outil de capacité de stationnement sur rue qui a été développé dans le présent projet de recherche, il est maintenant possible, pour chaque heure de la journée, de déterminer la capacité réelle de stationnement sur rue. En croisant cette capacité réelle de stationnement avec la capacité théorique de stationnement dérivée avec les données de l'enquête OD, il est possible de valider les données de stationnement de l'enquête OD et ce, pour chaque heure du jour et chaque jour de la semaine.

La Figure 6-1 montre l'évolution horaire de ce ratio. La capacité réelle de stationnement a été estimée en déterminant, pour chaque heure du jour, la capacité maximale de stationnement du lundi au vendredi. Le ratio est plus faible durant la nuit, et il est plus élevé durant les périodes de pointe du matin et de fin d'après-midi, ainsi qu'en soirée. Le ratio varie entre 0.41 et 0.61, ce qui signifie que le ratio précédemment établi de 0.4 semble plausible, du moins pour l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal, quoiqu'un peu faible. La variation du ratio provient de la variation de la capacité réelle de stationnement sur rue, la capacité théorique de stationnement étant unique pour l'ensemble de la journée.

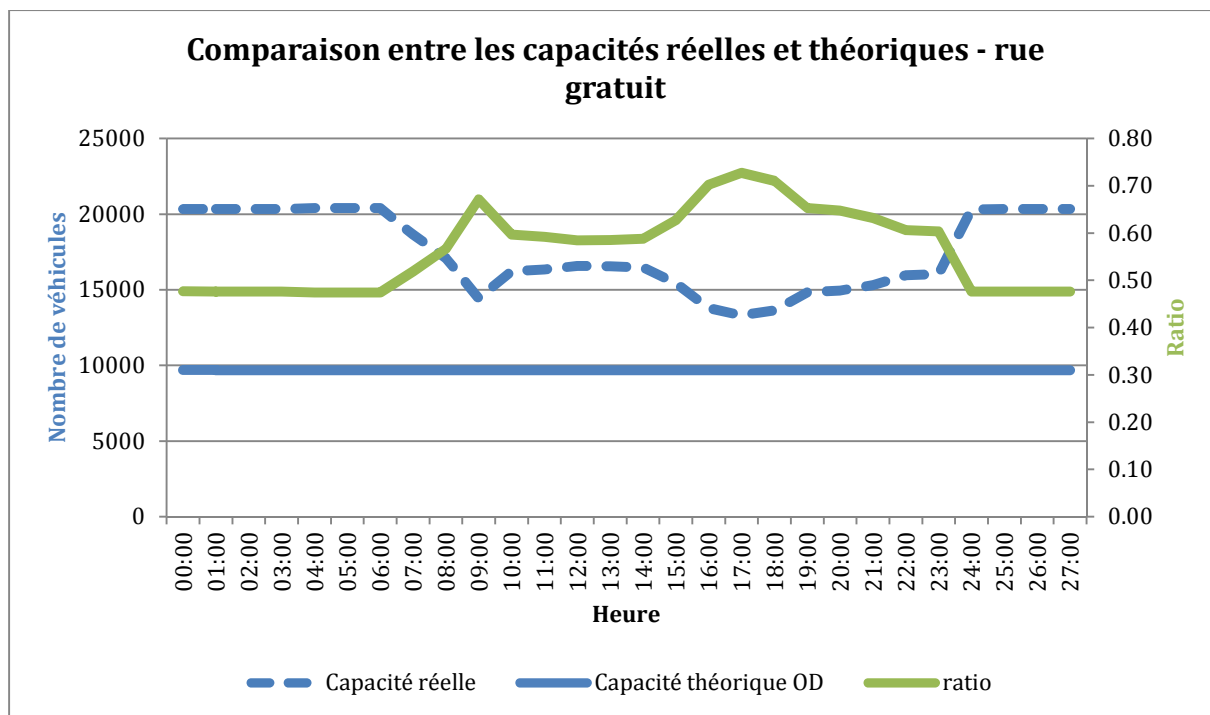


Figure 6-1 Comparaison entre les capacités réelles et théoriques de stationnement sur rue gratuit

Il est aussi possible de décomposer l'enquête OD selon les différents jours de la semaine et de comparer l'utilisation des espaces de stationnement qui est faite selon le jour de la semaine. La procédure est la même que pour établir les ratios entre les capacités théoriques et les capacités réelles pour chaque jour de la semaine, sauf qu'au lieu d'utiliser la capacité horaire maximale pour établir la capacité réelle de stationnement, la capacité horaire pour chaque jour est utilisée.

Les résultats de cette analyse sont montrés à la Figure 6-2 et montrent la variation horaire et journalière des ratios entre la capacité théorique de stationnement déterminée avec l'enquête OD et les capacités réelles de stationnement sur rue gratuit. Il est possible de voir que la journée où les ratios sont les plus élevés est le vendredi, ce qui peut probablement s'expliquer par le fait que les personnes ont tendance, en plus de leurs déplacements quotidiens, à faire des activités plus ponctuelles le jeudi et/ou le vendredi, par exemple des activités de magasinage, ou bien des loisirs (activités sportives, activités culturelles, activités sociales, etc.). Il serait intéressant d'avoir des données sur la mobilité des personnes durant la fin de semaine afin de pouvoir valider ou infirmer certaines hypothèses sur les patrons de déplacements des personnes.

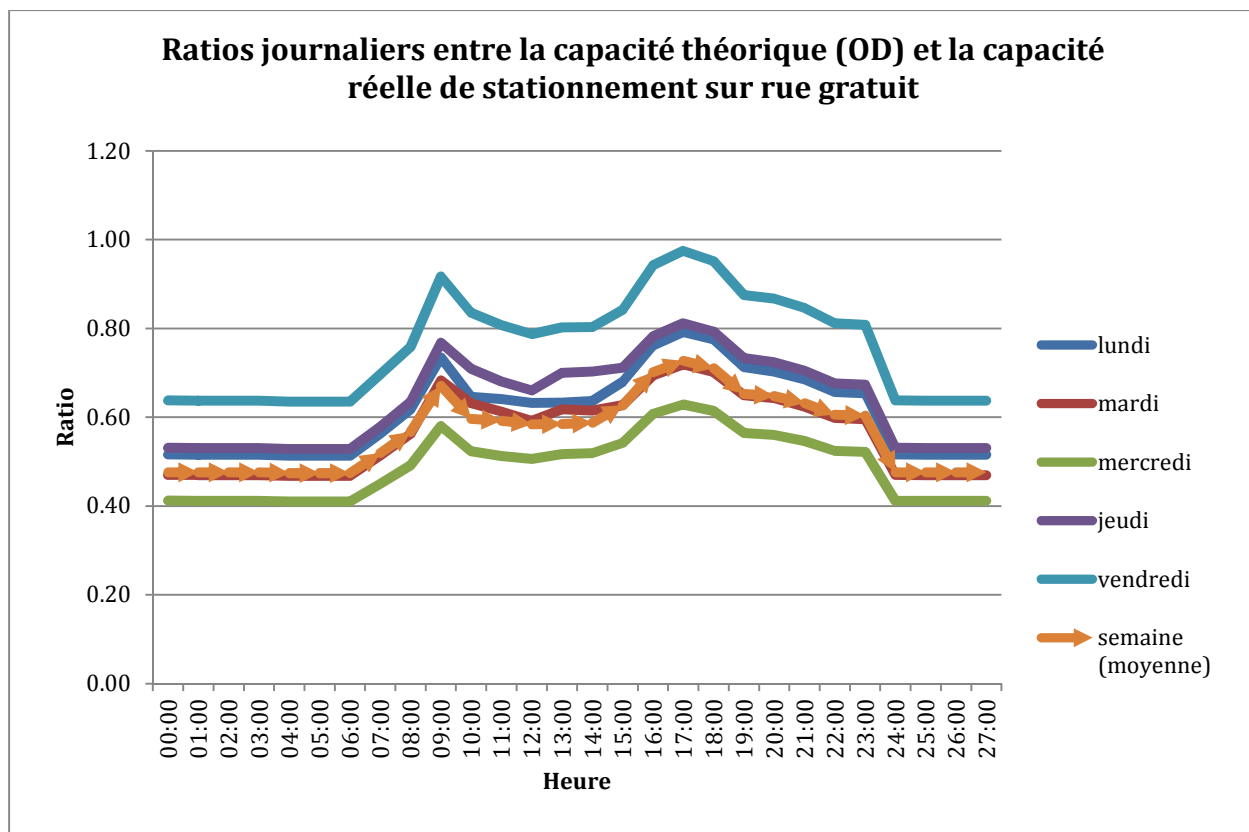


Figure 6-2 Ratios journaliers entre la capacité théorique (OD) et la capacité réelle de stationnement sur rue gratuit

Le ratio le plus faible survient le mercredi entre 0 :00 et 6 :00 (0.43) et le ratio le plus élevé survient le vendredi à 17 :00 (0.97). Dans son mémoire, Diallo (2013) a estimé que le taux d'immobiles, c'est-à-dire les véhicules ne s'étant pas déplacé du tout de la journée, se situait à environ 20 % sur une zone d'étude du Plateau-Mont-Royal. En supposant que ce ratio s'applique, il est possible de voir que les ratios entre la capacité théorique de stationnement varieraient entre 0.63 et 1.17. En considérant seulement le jour moyen de semaine, les ratios varieraient entre 0.48 et 0.73 (donc entre 0.68 et 0.93 en considérant les immobiles).

Globalement, il semble donc que les capacités théoriques de stationnement sous-estiment les capacités réelles. Ce résultat est attendu puisque les taux d'occupation des stationnements sont toujours inférieurs ou égaux à 100 %, ce qui signifie que les ratios espérés sont inférieurs à l'unité. Des ratios supérieurs à l'unité auraient signifié que l'estimation de la capacité réelle de stationnement sur rue est fausse. Cela aurait pu se produire, entre autres, si l'hypothèse de la longueur intervéhiculaire était erronée, ce qui ne semble pas être le cas ici.

La Figure 6-3 montre l'évolution des ratios journaliers pour le stationnement sur rue réservé aux résidents, c'est-à-dire les zones où il est nécessaire de posséder une vignette de stationnement valide afin de se stationner. Entre 9 :00 et 23 :00, les ratios sont relativement constants et se situent entre 0.28 et 0.78, à l'exception du mardi où les ratios sont plus élevés que lors des autres jours de la semaine.

De plus, entre 23 :00 et 9 :00, les ratios sont beaucoup plus élevés que 1 (entre 1.85 et 5.20). La raison qui explique cet écart est la suivante : les véhicules qui sont stationnés dans certaines zones réservées pour les résidents durant toute la nuit peuvent en fait stationner dans des zones qui sont réservées pour les résidents qui deviennent des zones qui sont accessible à tous durant la nuit. En effet, il a été démontré précédemment qu'un des types de panneaux de stationnement les plus fréquents est le stationnement sur rue réservé aux résidents (S3R) de 9 :00 à 23 :00 (voir le Tableau 4-3). Une des hypothèses qui a été posée lors de l'établissement des profils d'accumulations de véhicules, à savoir que le type de stationnement utilisé lors du dernier déplacement de la journée correspond à celui qui est utilisé au départ du premier déplacement de la journée, peut expliquer les ratios supérieurs à l'unité. En effet, si un déplacement auto-conducteur est effectué avant 23 :00 et que le type de stationnement est sur rue réservé aux résidents, dans une zone où le stationnement est réservé aux résidents jusqu'à 23 :00, le type de stationnement changera à partir de 23 :00, pour probablement devenir un stationnement sur rue gratuit, ce qui aura un impact sur le ratio entre la capacité théorique et la capacité réelle de stationnement sur rue réservé aux résidents.

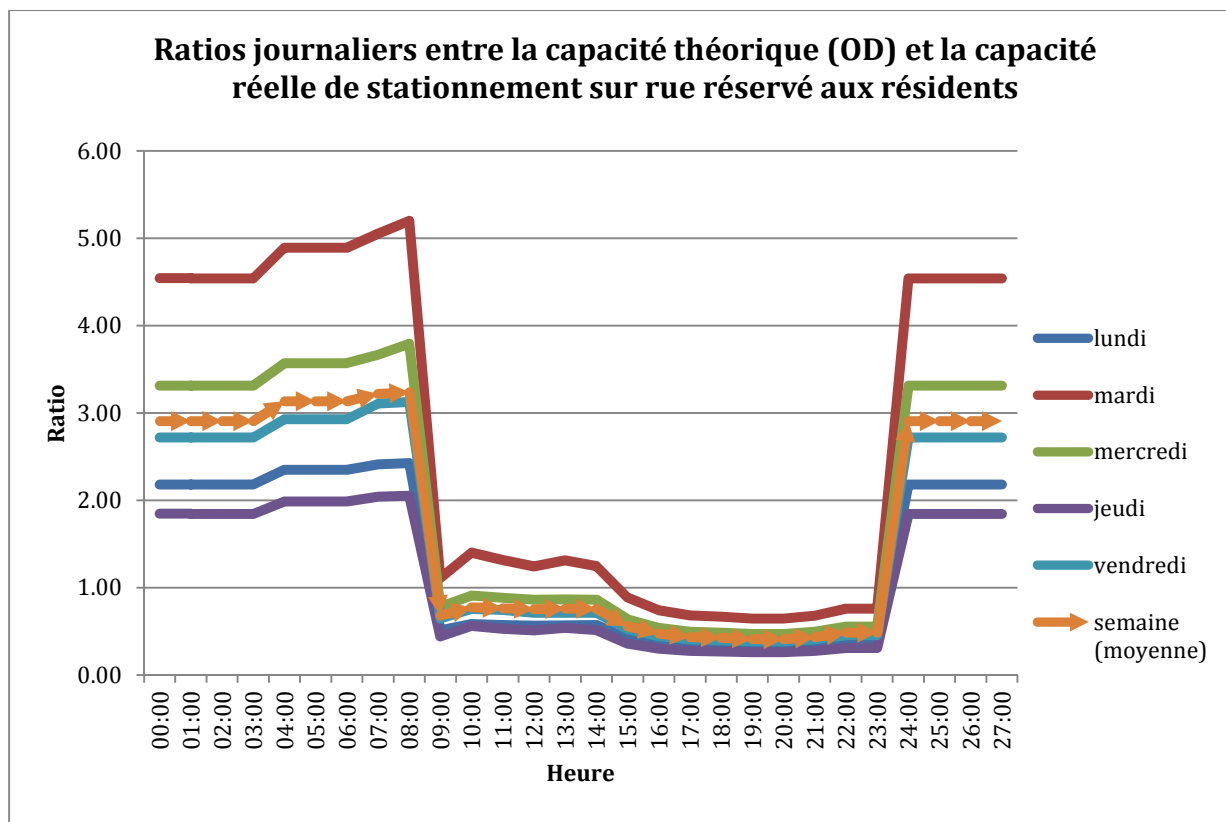


Figure 6-3 Ratios journaliers entre la capacité théorique de stationnement sur rue réservé aux résidents (OD) et la capacité réelle de stationnement sur rue réservé aux résidents

Il est cependant possible de résoudre le problème de continuité dans les types de stationnements en combinant le stationnement sur rue gratuit et le stationnement sur rue réservé aux résidents. Ainsi, si un véhicule est stationné sur rue dans l'enquête OD pour la nuit, il sera considéré dans le ratio, qu'il soit dans une zone réservée pour les résidents ou une zone de stationnement gratuit, et ce peu importe l'heure. La Figure 6-4 montre ces ratios. La variabilité horaire est beaucoup plus faible lorsque les deux types de stationnements sur rue sont considérés ensemble. En effet, la nuit, il est possible de constater que pour le stationnement gratuit, les ratios étaient trop faibles. Pour le stationnement réservé aux résidents, les ratios de nuit étaient très élevés. Ainsi, en analysant le stationnement sur rue dans sa totalité et non par type, il est possible d'obtenir des ratios qui sont beaucoup plus près de l'unité. Les ratios journaliers varient entre 0.52 le mercredi et 0.86 le vendredi. Les ratios pour le jour moyen de semaine, eux, sont encore plus constants : entre 0.57 et 0.68. Donc, en tenant compte des véhicules qui sont immobiles, ce qui n'est

malheureusement pas possible avec les données de l'enquête OD dans leur format actuel, les ratios se rapprochent de l'unité, sans toutefois la dépasser.

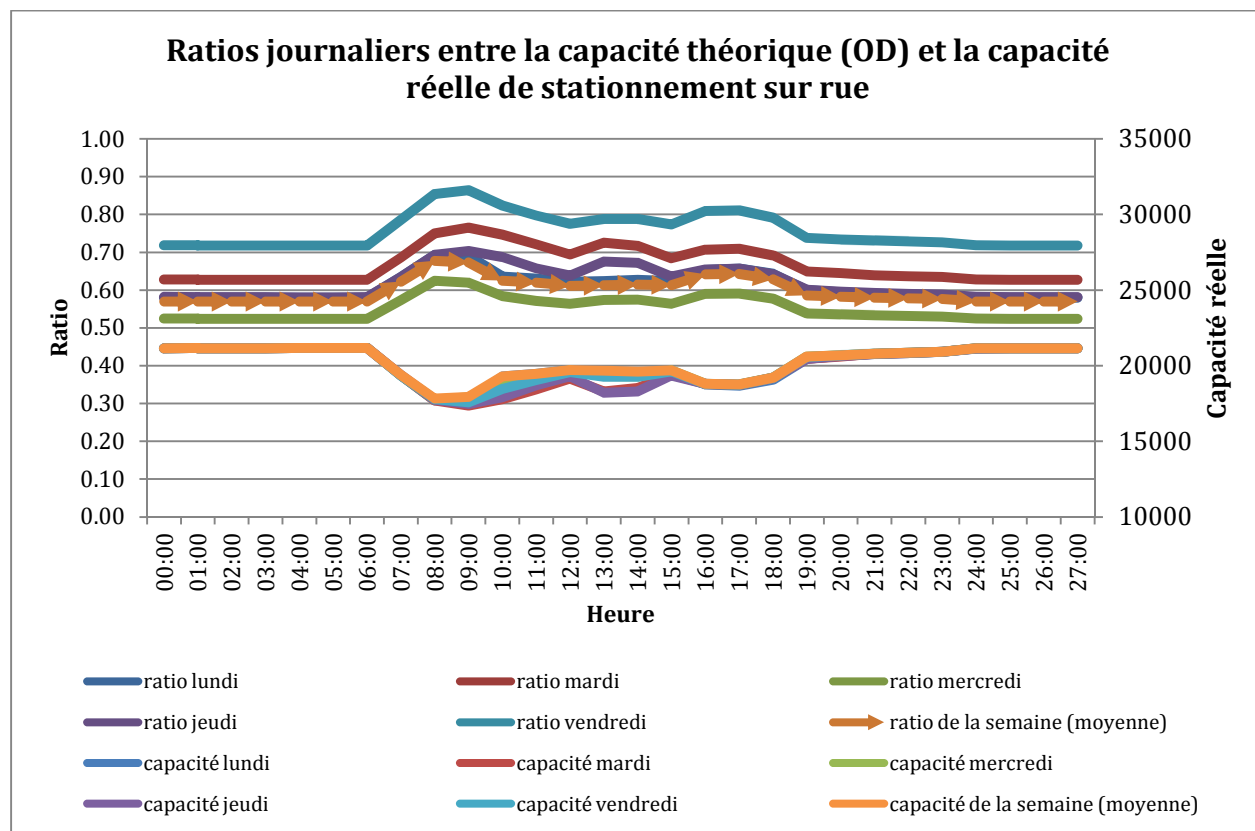


Figure 6-4 Ratios journaliers entre la capacité théorique (OD) et la capacité réelle de stationnement sur rue

Les résultats qui ont été présentés précédemment ne tiennent pas compte des véhicules immobiles. En effet, lors de la construction des profils d'accumulation de véhicules, il est possible d'estimer le nombre de véhicules qui sont immobiles, en faisant la soustraction entre le nombre de véhicules nécessaires pour effectuer les déplacements et le nombre de véhicules possédés par le ménage. Le Tableau 6-1 montre les résultats de cette analyse pour chacun des jours de la semaine. Il est possible de voir que le nombre de véhicules immobiles de même que le taux de véhicules immobiles diminuent du lundi au jeudi, avant d'augmenter le vendredi.

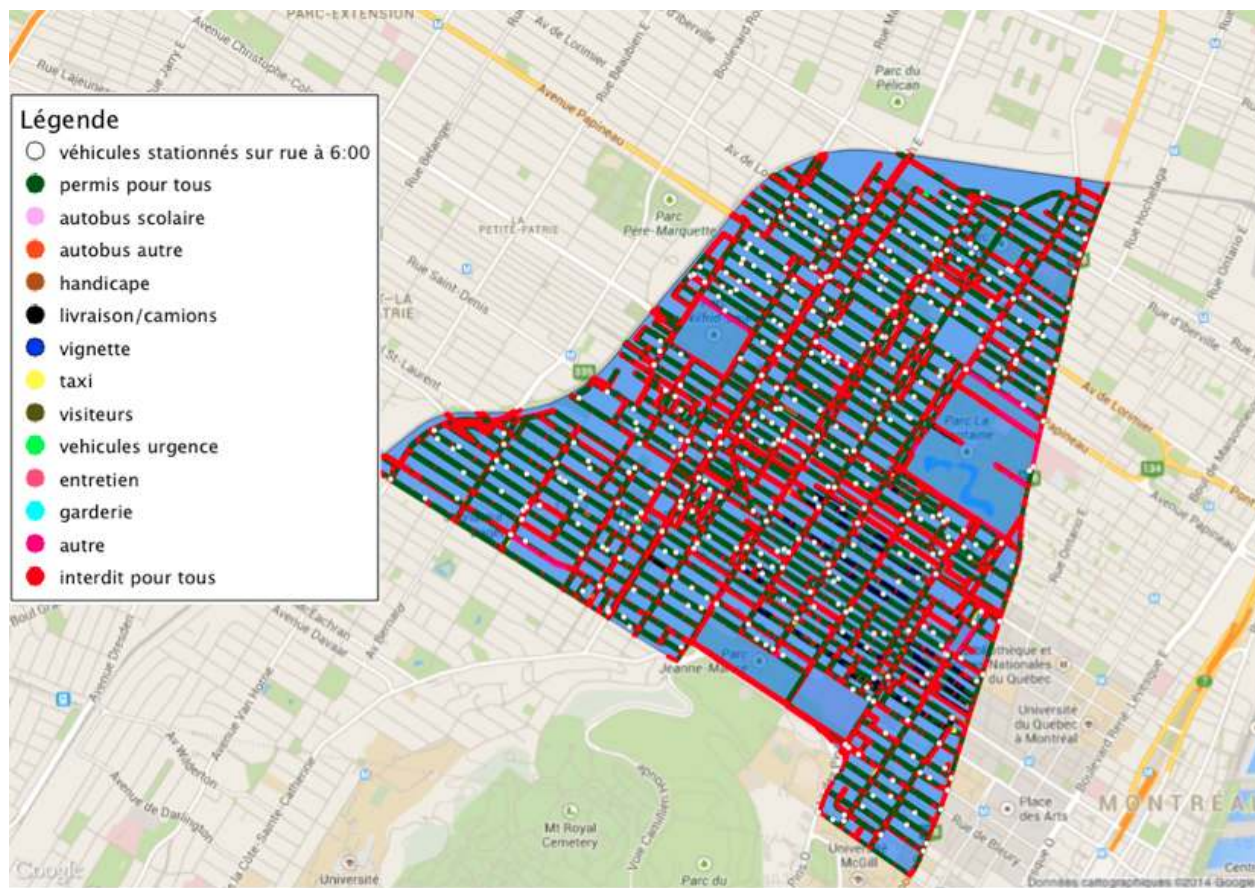
Tableau 6-1 Statistiques sur les véhicules par jour de la semaine

Jour	Véhicules	Véhicules Immobiles	Taux d'immobiles
Lundi	34282	19193	56.0 %
Mardi	34547	16016	46.4 %
Mercredi	29370	11975	40.8 %
Jeudi	29128	10691	36.7 %
Vendredi	35576	16047	45.1 %
semaine (moyenne)	32569	14712	45.2 %

En conclusion, il est possible de voir que la confrontation des estimés d'utilisation des stationnements dérivés de l'enquête OD et des capacités de stationnement sur rue déterminées avec les données des panneaux de réglementation de stationnement sur rue est très encourageante. En effet, les ratios globaux se situent entre 0.57 et 0.68, ce qui est très bien en considérant que les données de l'enquête OD ne permettent pas de connaître le nombre de véhicules qui sont stationnés sur rue et qui sont immobiles. La seule chose qu'il est possible de calculer est le nombre total de véhicules immobiles dans la zone d'étude.

6.2 Système d'information géographique sur les stationnements

La création d'un système d'information sur les stationnements implique de disposer de méthodes qui permettent d'analyser l'utilisation des stationnements de manière spatiale. Ainsi, un système d'information géographique sur les stationnements a été développé. Ce système intègre les données de capacités de stationnement sur rue, d'une part, sous la forme des chaînages, et d'autre part, les données d'utilisation des stationnements, représentés à l'aide des lieux de destination des personnes qui, dans l'enquête OD, ont déclaré s'être stationnés dans la zone d'étude. La Figure 6-5 montre une carte qui a été produite à l'aide du système d'information géographique. D'autres cartes sont présentées à l'Annexe 6.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 6-5 Carte des véhicules stationnés (OD) sur le Plateau-Mont-Royal le lundi à 6 :00

L'intégration des sources de données en un système spatial commun permet de mieux comprendre les dynamiques temporelles d'utilisation des stationnements, de même que leur corrélation avec l'offre de stationnement sur rue. Par exemple, sur la Figure 6-5, il est possible de remarquer que les lieux de destination sont en général des endroits où le stationnement sur rue est permis à proximité. Inversement, très peu de lieux de destination sont sur le réseau routier artériel, puisque très le stationnement y est en général interdit.

6.3 Développement d'indicateurs

Le développement d'indicateurs est une composante importante dans ce projet de recherche, puisqu'il permet de quantifier l'état de l'offre et/ou de la demande et de l'analyser. Les indicateurs peuvent répondre à plusieurs besoins :

- comparer des objets d'analyse entre eux, par exemple des véhicules, des personnes, des ménages, des espaces de stationnement, etc.
- si des données sont disponibles sur plusieurs périodes temporelles, les indicateurs peuvent permettre de déceler des tendances et les analyser.
- les indicateurs peuvent servir à évaluer des scénarios et à en mesurer les impacts sur les différents objets d'analyse.

6.3.1 Accessibilité des ménages au stationnement sur rue

Un exemple d'indicateur qui a été développé permet de relier l'offre de stationnement avec l'utilisation de stationnement par les ménages de l'enquête OD: le nombre moyen d'espaces de stationnement à distance de marche du lieu de domicile des ménages, à une heure donnée.

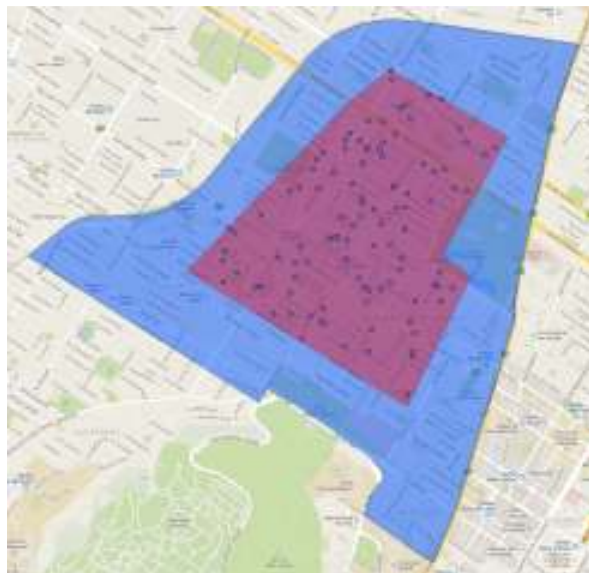
À titre de démonstration, 100 ménages de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal ont été sélectionnés. La procédure consiste à déterminer, pour chacun de ces ménages, une zone qui correspond à une distance de marche raisonnable autour du lieu de domicile (ici cette distance a été fixée à 400 mètres sur le réseau routier). La Figure 6-6 illustre un exemple de zone tampon.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 6-6 Exemple d'une zone tampon sur le réseau routier de 400 mètres autour du lieu de domicile d'un ménage de l'enquête OD

La Figure 6-7 illustre les 100 ménages qui ont été sélectionnés de manière aléatoire. Ces ménages ont été sélectionnés dans une zone située au centre de l'arrondissement (le polygone rouge), afin de s'assurer que l'ensemble des ménages soient localisés à une distance réseau d'au moins 400 mètres de la limite de l'arrondissement. Cela assure que pour l'ensemble du réseau routier situé à moins de 400 mètres des lieux de domicile, des données sur le stationnement sur rue puissent être calculées.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 6-7 Carte des 100 ménages du Plateau-Mont-Royal sélectionnés aléatoirement

La Figure 6-8 montre les résultats de l'application de cette méthode aux 100 ménages de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal, en ce qui concerne le nombre d'espaces de stationnement sur rue gratuit, sous la forme de boîtes à moustaches. Les boîtes à moustaches sont une représentation graphique d'un échantillon. Les extrémités de la boîte représentent le premier et le troisième quartile, alors que la ligne dans la boîte représente la médiane. De plus, la distance entre les extrémités de la boîte et les moustaches est égale à une fois et demi la distance interquartile. Le nombre d'espaces de stationnement est plus élevé durant la nuit, puisqu'il y a moins de restrictions que durant la journée. Inversement, la Figure 6-9 permet de constater que les ménages disposent de plus de stationnement sur rue réservé pour les résidents entre 16 :00 et 24 :00.

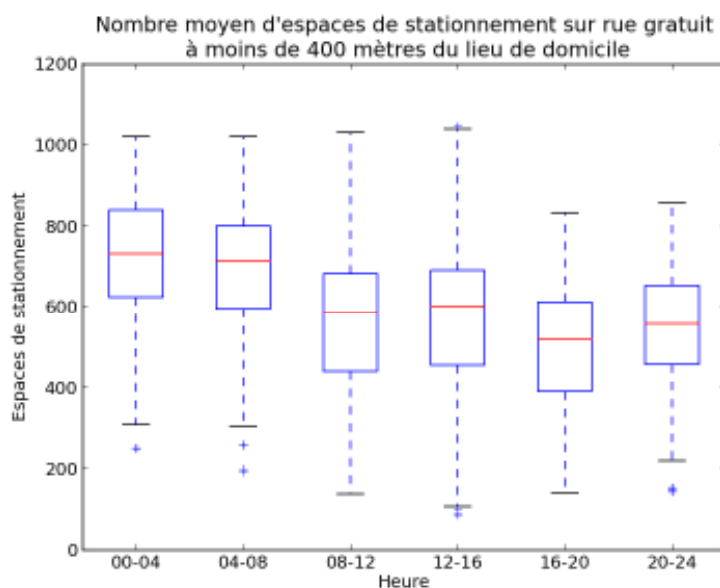


Figure 6-8 Boîtes à moustache du nombre moyen d'espaces de stationnement sur rue gratuit à moins de 400 mètres du lieu de domicile

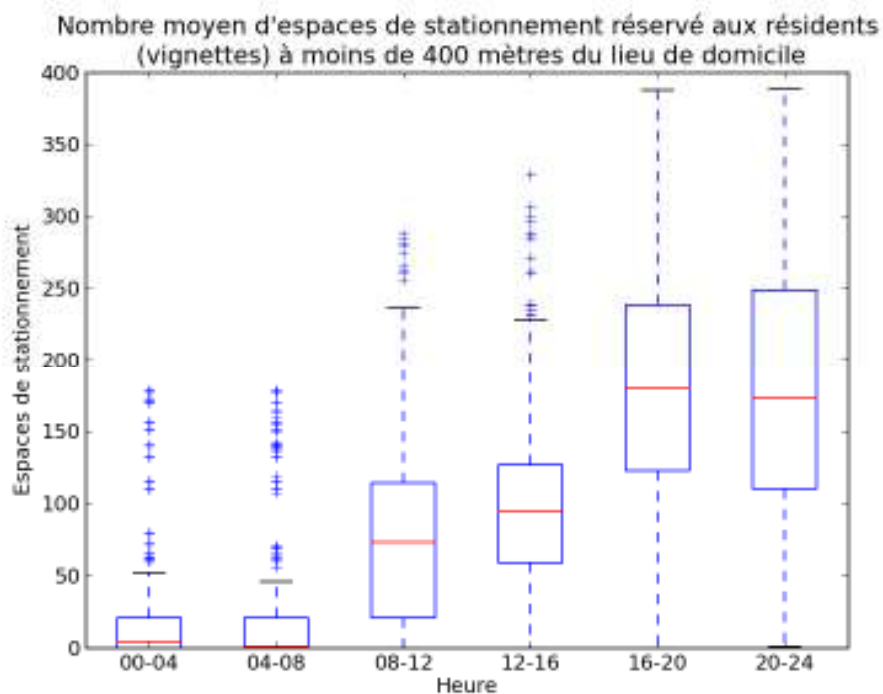


Figure 6-9 Boîtes à moustache du nombre moyen d'espaces de stationnement réservé aux résidents à moins de 400 mètres du lieu de domicile

Finalement, la Figure 6-10 montre que la majorité des ménages disposent de moins de deux espaces de stationnement pour handicapés à proximité de leur lieu de résidence. Ce type de stationnement est généralement situé à proximité des lieux publics, par exemple les hôpitaux. Cela fait en sorte qu'il y a une inégalité d'accès entre les ménages pour ce type de stationnement.

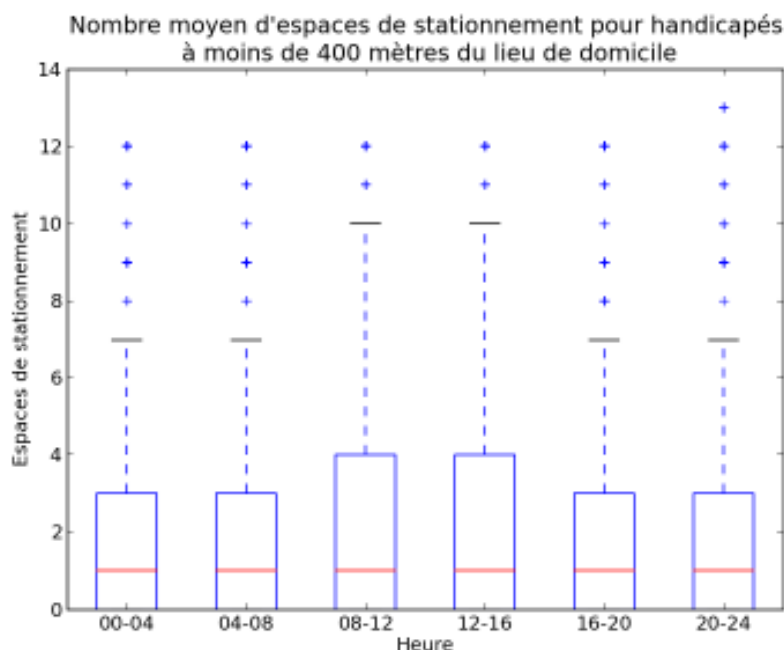
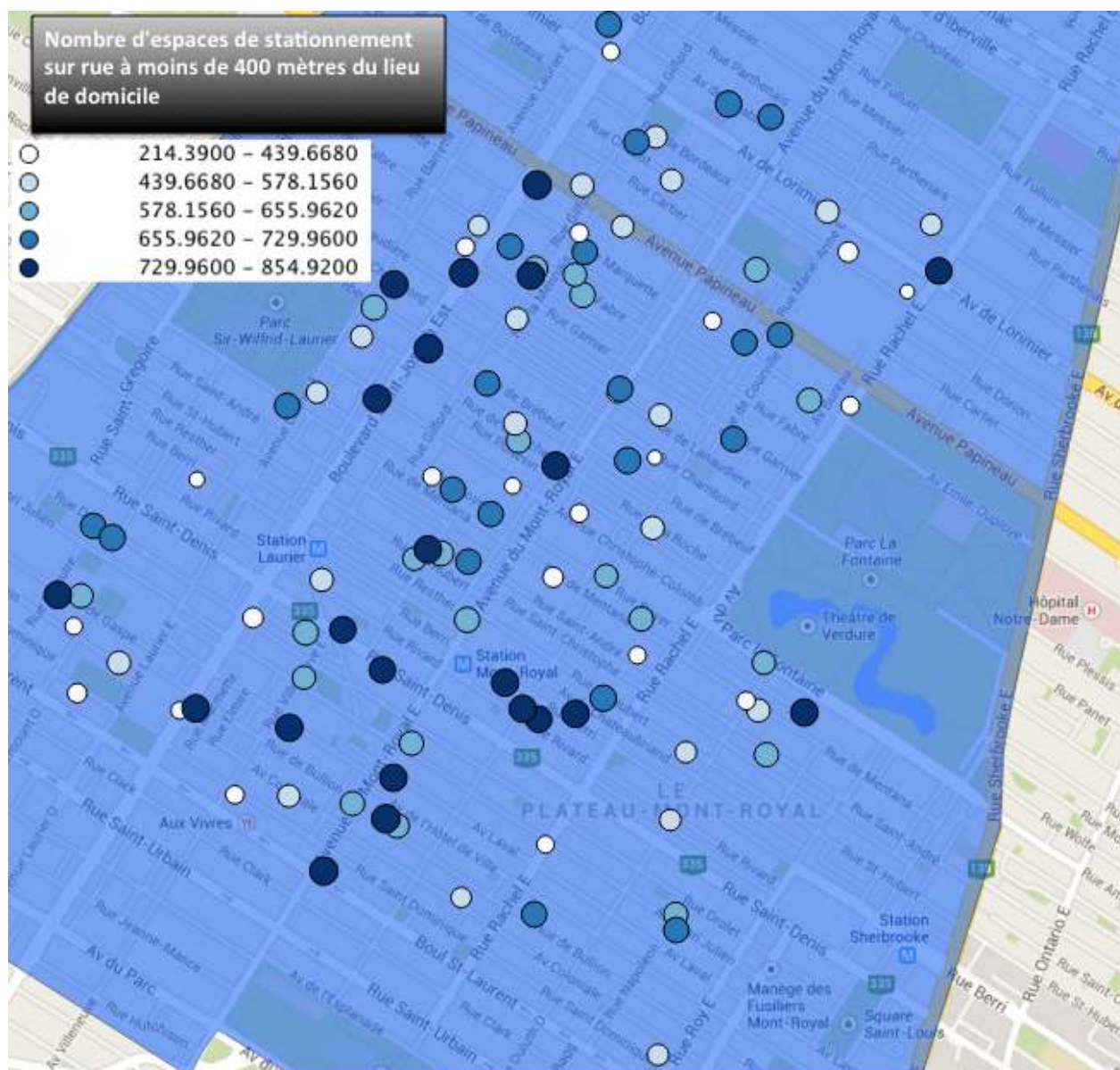


Figure 6-10 Boîtes à moustache du nombre moyen d'espaces de stationnement pour handicapés à moins de 400 mètres du lieu de domicile

Une autre manière de visualiser cet indicateur, et ce de manière plus désagrégée, consiste à représenter sur une carte les ménages analysés avec un cercle dont la taille est proportionnelle à l'offre de stationnement à proximité du lieu de domicile. Il est ainsi possible d'analyser l'accessibilité des ménages de manière spatiale. La Figure 6-11 montre la variabilité spatiale de l'offre de stationnement sur rue gratuit pour les ménages sélectionnés de l'enquête OD. Il est possible de voir que les ménages, même s'ils sont situés à proximité les uns des autres, ne disposent pas de la même accessibilité au stationnement sur rue. Il est aussi important de noter qu'il s'agit de l'offre moyenne de stationnement sur l'ensemble des jours de la semaine. Il peut donc y avoir une importante variabilité temporelle de l'accessibilité au stationnement des

ménages, qui n'est pas montrée sur les cartes, mais qui a pu être observée sur les boîtes à moustaches présentées précédemment.



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

Figure 6-11 Carte de l'accessibilité des ménages de l'enquête OD au stationnement sur rue gratuit

Des cartes similaires pour l'accessibilité des ménages au stationnement sur rue pour personnes handicapées, de même que pour le stationnement sur rue réservé aux résidents, sont présentées à l'Annexe 7.

CHAPITRE 7 CONCLUSION

La section qui suit vise à faire un rappel des principaux travaux de ce projet de recherche. Ensuite, les contributions analytiques et méthodologiques à l'étude des stationnements sont énumérées. Cette section vise aussi à rappeler que les analyses et les méthodes présentées comportent des limites et qu'elles ne doivent pas être généralisées sans en tenir compte. Finalement, comme l'étude des stationnements est un sujet vaste, des pistes de recherches futures sont énoncées.

7.1 Synthèse des travaux

Ce projet de recherche a permis, premièrement, le développement d'un outil sur la capacité de stationnement sur rue. Cet outil utilise la géobase comme réseau routier de base. Ensuite, les données des panneaux de stationnement sur rue de la ville de Montréal, permettent de déterminer les zones sur le réseau routier où le stationnement est permis. Finalement, des données supplémentaires permettent de prendre en considération les éléments pouvant limiter le stationnement. Ces données sont les données de panneaux d'arrêts d'autobus, de bornes d'incendie, de même que les données cadastrales (ruelles, entrées privées et rayons de courbure). Une étude de la variabilité temporelle et spatiale de la capacité de stationnement sur rue a été effectuée pour l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal à l'aide de l'outil. Elle a aussi été faite pour les arrondissements de Pointe-aux-Trembles-Rivière-des-Prairies et d'Achets-Cartierville. Finalement, des études de cas ont été faites en utilisant l'outil de capacités de stationnement sur rue. La première étude de cas consiste à quantifier l'impact sur la capacité de stationnement sur rue de l'application d'un règlement du code de la sécurité routière, qui interdit le stationnement de véhicules à moins de 5 mètres d'un rayon de courbure d'intersection. La deuxième étude de cas consiste à évaluer l'impact sur la capacité de stationnement sur rue d'une modification de la longueur moyenne des véhicules du parc automobile.

Deuxièmement, les données de l'enquête OD ont permis d'analyser l'utilisation des stationnements. Elles ont été analysées pour l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal, et ce pour différents motifs de déplacements et types de stationnement. Une analyse par jour de la semaine a été faite, ce qui a permis de caractériser la variabilité temporelle de l'utilisation des différents

types de stationnements, ainsi que d'analyser l'utilisation des stationnements selon le lieu de domicile, l'âge et le genre du conducteur.

Troisièmement, un système d'information sur les stationnements a été développé. Dans un premier temps, le système permet d'effectuer une validation des données de l'enquête OD en comparant les capacités théoriques de stationnement déterminées avec l'enquête OD avec les estimations de capacités produites avec l'outil de capacité de stationnement sur rue. Par la suite, un système d'information géographique sur les stationnements est développé. Finalement, des indicateurs sont proposés avec les méthodes développées précédemment. Le premier indicateur permet de mesurer l'accessibilité des ménages au stationnement sur rue, en calculant le nombre moyen d'espaces de stationnement à distance de marche du lieu de domicile des ménages de l'enquête OD et ce à chaque heure du jour.

7.2 Contributions

Dans ce projet de recherche, plusieurs contributions ont été apportées, et ce aussi bien en ce qui concerne l'analyse de l'utilisation des stationnements que leur offre. Les contributions faites sont multiples et vont permettre de mieux quantifier l'offre et l'utilisation des stationnements, ce qui sera utile pour les autorités municipales et pour les planificateurs en transport.

Dans un premier temps, des contributions méthodologiques ont été faites. En effet, les données de panneaux de réglementation de stationnement sur rue de même que les données cadastrales ont permis le développement d'une méthode d'estimation de la capacité de stationnement sur rue. Actuellement, de telles méthodes automatisées ne sont pas très développées, et la majorité des études de stationnement utilisent des données collectées de manière manuelle sur de petites zones d'étude. Dans le présent projet, des bases de données existantes ont été utilisées afin de développer une méthode qui est automatique et généralisable.

Par la suite, des contributions analytiques ont été apportées par le projet. Une analyse descriptive des panneaux de stationnement sur rue a été faite. De plus, les données de l'enquête OD ont permis de faire une analyse détaillée de l'utilisation des stationnements qui est faite par les résidents de la grande région de Montréal (GRM). Cette analyse a aussi été faite par jour de la semaine, ce qui n'avait jamais encore été fait pour l'enquête OD de la GRM.

La création d'un système d'information a permis, dans un premier temps, de confronter les capacités théoriques de stationnement de l'enquête OD avec les estimés de capacités de stationnement sur rue, et les résultats montrent que l'utilisation des stationnements est presque toujours inférieure à la capacité, ce qui est cohérent, surtout en considérant que les taux d'utilisation des stationnements sont toujours inférieurs ou égaux 100 %. Un système d'information géographique a ensuite permis d'analyser de manière spatiale les comportements d'utilisation de même que les dynamiques spatio-temporelles de l'offre de stationnement sur rue. De plus, des indicateurs ont été développés, et permettent de mieux comprendre l'impact du stationnement sur les individus (accessibilité, mobilité) et sur l'occupation de l'espace sur rue.

7.3 Limitations

Plusieurs limitations à ce projet de recherche doivent être soulignées. Tout d'abord, en ce qui concerne l'outil de capacités de stationnement sur rue, il a été ardu de développer un réseau routier adéquat qui permette de déterminer la capacité réelle de stationnement sur rue, notamment en raison de la structure des données cadastrales. Ainsi, le réseau routier qui a été développé provient de la géobase, un réseau routier qui représente seulement les centres des liens du réseau routier. Il a donc fallu faire une hypothèse sur les largeurs des rues, qui ont été posées ici à 10 mètres. Cependant, en couplant les données de la géobase avec les rayons de courbure (qui proviennent des données cadastrales), il a été possible d'obtenir un réseau routier qui est certes différent de la réalité, mais qui s'en rapproche.

Dans la détermination des capacités de stationnement sur rue, la longueur intervéhiculaire a été fixée à 7 mètres. Évidemment, comme l'outil de capacité détermine des zones, par le biais des chaînages, où le stationnement est permis, il est nécessaire, pour déterminer le nombre de véhicules qui peuvent physiquement se stationner, de poser une hypothèse sur l'espace qui est occupé par un véhicule.

Des limitations existent aussi en ce qui concerne l'application de la méthode de détermination des capacités de stationnement sur rue à d'autres zones d'étude. En effet, il a été montré au Tableau 4-4 que même au sein de la ville de Montréal, les données nécessaires ne sont pas disponibles pour plusieurs arrondissements. Cependant, cela ne veut pas dire qu'elles n'existent pas. De plus, d'autres données que celles utilisées ici pourraient être mises à profit.

Ensuite, les données de l'enquête OD ont été utilisées afin d'estimer l'utilisation des stationnements. Le principe qui permet de constituer des profils d'accumulation de véhicules provient du suivi spatio-temporel des véhicules dans une zone donnée. Le format actuel des données de l'enquête OD force cependant à poser plusieurs hypothèses sur les déplacements effectués par les conducteurs. Par exemple, au niveau temporel, il est possible de savoir l'heure de départ du lieu d'origine, mais l'heure d'arrivée au lieu de destination n'est pas spécifiée. De plus, au niveau spatial, les lieux d'origine et de destination des déplacements sont connus mais les lieux de stationnements au début et à la fin du déplacement, eux, ne sont pas connus. Finalement, dans l'analyse des comportements d'utilisation des stationnements par jour de la semaine, le calcul des facteurs de pondération journalier a été fait en supposant que les biais socio-démographiques étaient les mêmes pour chaque jour de la semaine.

7.4 Perspectives

La problématique du stationnement est un sujet d'étude très vaste, qui peut être étudié à l'aide de plusieurs types de méthodes, en utilisant des données variées. Ainsi, ce projet de recherche se veut une proposition de méthodes afin d'analyser de manière automatisée les stationnements. La disponibilité des données de réglementation du stationnement sur rue à Montréal a fait en sorte que ce projet est plus orienté sur l'étude du stationnement sur rue mais il semble évident que les autres types de stationnement devraient aussi être examinés par le biais de méthodes automatisées. Dans ce contexte, réfléchir à des mécanismes de collecte automatisée de données semble critique.

Il existe d'autres pistes de recherche afin d'étudier le stationnement sur rue. Notamment, des données sur l'occupation du sol, qui sont rendues disponibles par la CMM, pourraient être utilisées afin d'encore mieux caractériser l'offre de stationnement sur rue. De plus, les données sur l'offre et l'utilisation du stationnement sur rue payant (les parcomètres), de même que les données sur les détenteurs de vignettes réservés pour les résidents, pourraient être analysées.

Il existe d'autres bases de données qui, si elles sont accessibles, vont permettre, dans des projets de recherche ultérieurs, d'étudier d'autres types de stationnement, et de pouvoir effectuer d'autres validations de l'enquête OD. Il suffit de penser aux données des exploitants de stationnements

privés hors-rue, aux données sur le stationnement résidentiel, ou aux données sur les stationnements incitatifs.

De plus, les éléments suivants sur l'utilisation des stationnements pourraient être étudiés à l'aide des données de l'enquête OD. Comme l'enquête OD est faite à un intervalle de 5 ans et que des informations sur les stationnements ont commencé à être recueillies à partir de 1998, un suivi de l'évolution temporelle de l'utilisation des stationnements peut être fait.

Finalement, la multitude de données nécessaires à l'étude des différents types et usages du stationnement incite à penser qu'il peut être nécessaire d'assurer une intégration automatique des données dans un système d'information qui soit exhaustif, flexible, dynamique. Un tel système, bien qu'il puisse sembler utopique, est nécessaire afin d'analyser l'offre et l'utilisation des stationnements. Plus techniquement, il serait nécessaire que ce système d'information soit basé sur un modèle orienté objet dans lequel tous les objets reliés à l'offre et à l'utilisation des stationnements pourraient être intégrés et modifiés de manière dynamique.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence métropolitaine de transport. (2010). *Enquête origine-destination 2008 : Guide de l'utilisateur - Fichiers et format de données*. Agence métropolitaine de transport.
- Albert, G., & Mahalel, D. (2006). Congestion tolls and parking fees: A comparison of the potential effect on travel behavior. *Transport policy*, 13(6), 496-502.
- Allahyar, A., Brinckerhoff, P., & Willson, R. (2014). *Attitudes about Parking Requirements: A Survey of Local Officials* Communication présentée à Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.
- Anderson, S. P., & de Palma, A. (2004). The economics of pricing parking. *Journal of Urban Economics*, 55(1), 1-20.
- Arnott, R., & Rowse, J. (1999). Modeling parking. *Journal of urban economics*, 45(1), 97-124.
- Balcombe, R., & York, I. (1993). The future of residential parking. *TRL Project Report*(PR 22).
- Benenson, I., Martens, K., & Birfir, S. (2008). PARKAGENT: An agent-based model of parking in the city. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(6), 431-439. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2008.09.011
- Bianco, M. J. (2000). Effective transportation demand management: Combining parking pricing, transit incentives, and transportation management in a commercial district of Portland, Oregon. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1711(1), 46-54.
- Box, P. C. (2004). Curb-parking problems: Overview. *Journal of Transportation Engineering*, 130(1), 1-5.
- Brooke, S., Ison, S., & Quddus, M. (2014). *On-Street Parking Search: a review and future research direction*. Communication présentée à Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.
- Brozen, M., & Loukaitou-Sideris, A. (2013). *Reclaiming the Right-of-Way: Best Practices for Implementing and Designing Parklets*. Communication présentée à Transportation Research Board 92nd Annual Meeting.
- Calthrop, E., & Proost, S. (2006). Regulating on-street parking. *Regional Science and Urban Economics*, 36(1), 29-48. doi: 10.1016/j.regsciurbeco.2005.04.002
- Communauté Métropolitaine de Montréal. (2014). Géomatique. Tiré de <http://cmm.qc.ca/geomatique/utilisation-du-sol/telechargement-des-donnees/>
- Diallo, A. (2013). *Methodologie d'analyse des stationnements*. (M.Sc.A., Ecole Polytechnique, Montreal (Canada)). Tiré de <http://publications.polymtl.ca/913/>
- Farnsley, C. P. (1966). *Extension of remarks, Kentucky Representative, Charles P. Farnsley*. Washington, D.C.:
- Federal Highway Administration. (2009). *Manual on Uniform Traffic Control Devices* Manual on Uniform Traffic Control Devices 2009 Edition. Tiré de <http://www.mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2009r1r2/part3.pdf>

- Gouvernement du Québec. (2014). *Code de la sécurité routière* (Rapport n° C-24.2). Tiré de http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?file=/C_24_2/C24_2.html&type=2
- Guillemette, J., Badeau, N., Pellerin, G. (2012). Catalogue des panneaux, Signalisation Écrite, Édition 2012.08. Dans D. d. t. Ville de Montréal - Service du Développement et des Opérations, Division Sécurité et aménagement du réseau artériel (Édit.).
- Guo, Z. (2013). Residential street parking and car ownership: a study of households with off-street parking in the New York City region. *Journal of the American Planning Association*, 79(1), 32-48.
- Harnish, M. (2014). The parking mismatch phenomena: excessive residential parking and what to do about it. *Transportation Research Record*, 8(9), 10.
- Humphreys, J., Box, P., Sullivan, T., & Wheeler, D. (1978). *Safety aspects of curb parking*.
- ITE. (1999). *Traffic engineering handbook* (3^e éd. vol. 3). Washington, D.C.: Institute of Transportation Engineers.
- ITH. (2005). *Parking Strategies and Management*. Essex: Institution of Highways and Transportation.
- Kelly, A., & Clinch, P. (2006). Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. *Transport Policy*, 13(6), 487-495.
- Litman, T. (2013). *Parking Management*. Victoria Transport Policy Institute. Tiré de <http://www.vtpi.org>
- Marsden, G. (2006). The evidence base for parking policies—a review. *Transport Policy*, 13(6), 447-457. doi: 10.1016/j.tranpol.2006.05.009
- Millard-Ball, A., Weinberger, R., & Hampshire, J. (2013). *Is the curb 80% full or 20% empty? Assessing the efficacy of San Francisco's parking experiment*. Communication présentée à Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- Morency, C., Saubion, B., & Trépanier, M. (2006). *Evaluating the use of parking spaces in strategic urban areas using travel survey data*. Communication présentée à North American Meetings of the Regional Science Association International 53rd Annual Conference, Toronto.
- Moylan, E., Schabas, M., & Deakin, E. (2014). *Residential permit parking: better off without it ?* Communication présentée à Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.
- NYC Department of City Planning - Transportation Division. (2011). *Manhattan Core Public Parking Study* (Rapport n° PTCP08D00.G06). Tiré de http://www.nyc.gov/html/dcp/pdf/mn_core/mncore_study.pdf
- Olmsted, F. L. (1910). *The basic principles of city planning*. Communication présentée à Second National Conference on City Planning.
- RAC Foundation. (2004). *Parking in Transport Policy*. Pall Mall, London: RAC Foundation.
- Roess, R. P., Prassas, E. S., & McShane, W. R. (2004). *Traffic engineering*: Pearson/Prentice Hall.

- Shaheen, S. (2005). Smart parking management field test: A bay area rapid transit (bart) district parking demonstration.
- Shiftan, Y. (2002). The effects of parking pricing and supply on travel patterns to a major business district. Dans E. Stern, Salomon, I., Bovy, P.H.L. (Édit.), *Travel Behaviour: Spatial Patterns, Congestion and Modelling*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Shoup, D. C. (1997). Evaluating the effects of cashing out employer-paid parking: eight case studies. *Transport Policy*, 4(4), 201-216.
- Shoup, D. C. (1999). The trouble with minimum parking requirements. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 33(7), 549-574.
- Shoup, D. C. (2005). *The high cost of free parking* (vol. 7): Planners Press, American Planning Association Chicago.
- Shoup, D. C. (2006). Cruising for parking. *Transport Policy*, 13(6), 479-486.
- Shoup, D. C., & Willson, R. W. (1992). Employer-paid parking: the problem and proposed solutions. *University of California Transportation Center*.
- Southworth, M., & Ben-Joseph, E. (1995). Street standards and the shaping of suburbia. *Journal of the American Planning Association*, 61(1), 65-81.
- Spiliopoulou, C., & Antoniou, C. (2012). Analysis of illegal parking behavior in Greece. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48 1622-1631.
- TCRP. (2003). *Parking management and supply: traveler response to transportation system changes*. (Rapport n° Transit Cooperative Research Program Report 95). Washington DC: Transportation Research Board.
- TCRP. (2005). *Parking Prices and Fees: Traveler Response to Transportation System Changes*. (Rapport n° Transit Cooperative Research Program Report 95). Washington DC: Transportation Research Board.
- Tong, C., Wong, S., & Leung, B. (2004). Estimation of parking accumulation profiles from survey data. *Transportation*, 31(2), 183-202.
- Vickrey, W. S. (1994). Statement to the joint committee on Washington, DC metropolitan problems. *Journal of Urban Economics*.
- Ville de Montréal. (2001). *Règlement sur la circulation et le stationnement*. Montréal: Ville de Montréal.
- Ville de Montréal. (2014a). Première étape vers une politique du stationnement: Montréal fera le portrait et le diagnostic du stationnement sur le territoire de l'agglomération. Tiré de http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=5798,42657625&_dad=portal&_schema=PORTAL&id=22740
- Ville de Montréal. (2014b). Stationnement sur rue. Tiré de <http://donnees.ville.montreal.qc.ca/dataset/stationnement-rue>
- Vlahogianni, E. I., Kepaptsoglou, K., Tsetos, V., & Karlaftis, M. G. (2014). *Exploiting New Sensor Technologies for Real-Time Parking Prediction in Urban Areas*. Communication présentée à Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.

Willson, R. W. (1995). Suburban parking requirements: a tacit policy for automobile use and sprawl. *Journal of the American Planning Association*, 61(1), 29-42.

ANNEXES

Description des champs présents dans la base de données des panneaux de stationnement de la ville de Montréal

Annexe 1

Champ	Description
CODE_RPA	code d'identification du panneau
DESCRIPTION	description textuelle du panneau
DUREE_MAX_MINS	indique, s'il s'agit d'une restriction de temps, la durée maximale de stationnement (en minutes)
Q	booléen pour indiquer si l'interdiction s'applique à tous les jours
Q_D_1	Début de la période d'interdiction/de restriction
Q_F_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction
Q_D_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
Q_F_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
LU	booléen pour indiquer si l'interdiction s'applique le lundi
LU_D_1	Début de la période d'interdiction/de restriction
LU_F_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction
LU_D_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
LU_F_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
MA	booléen pour indiquer si l'interdiction s'applique le mardi
MA_D_1	Début de la période d'interdiction/de restriction
MA_F_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction
MA_D_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
MA_F_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
ME	booléen pour indiquer si l'interdiction s'applique le mercredi
ME_D_1	Début de la période d'interdiction/de restriction
ME_F_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction
ME_D_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
ME_F_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
JE	booléen pour indiquer si l'interdiction s'applique le jeudi
JE_D_1	Début de la période d'interdiction/de restriction
JE_F_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction
JE_D_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
JE_F_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
VE	booléen pour indiquer si l'interdiction s'applique le vendredi
VE_D_1	Début de la période d'interdiction/de restriction
VE_F_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction
VE_D_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu

Champ	Description
VE_F_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
SA_D_1	Début de la période d'interdiction/de restriction
SA_F_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction
SA_D_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
SA_F_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
DI	booléen pour indiquer si l'interdiction s'applique le dimanche
DI_D_1	Début de la période d'interdiction/de restriction
DI_F_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction
DI_D_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
DI_F_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu
ANNUEL	booléen pour indiquer si l'interdiction s'applique durant toute l'année
DATE_DEBUT_1	Début de la période d'interdiction/de restriction (exprimé en jours depuis le 1er janvier : voir le Tableau 1 à droite)
DATE_FIN_1	Fin de la période d'interdiction/de restriction (exprimé en jours depuis le 1er janvier : voir le Tableau 1 à droite)
DATE_DEBUT_2	Début de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu (exprimé en jours depuis le 1er janvier : voir le Tableau 1 à droite)
DATE_FIN_2	Fin de la seconde période d'interdiction/de restriction, s'il y a lieu (exprimé en jours depuis le 1er janvier : voir le Tableau 1 à droite)
ECOLE	booléen pour indiquer s'il s'agit d'une interdiction en vigueur les jours d'école
TYPE	Type de véhicule permis par la restriction
RESERVE	Booléen (1, le panneau s'applique à un type de clientèle, vide sinon)
COMMENTAIRE	Commentaire relié au panneau

Règlement sur la circulation et le stationnement (Ville de Montréal, 2001)

Annexe 2

« CHAPITRE III

STATIONNEMENT

SECTION I

EXIGENCES GÉNÉRALES

SOUS-SECTION 1

INTERDICTIONS

30. Il est interdit de stationner un véhicule routier :

- . 1o en un endroit et aux heures où la signalisation interdit le stationnement;
- . 2o en un endroit où la signalisation interdit le stationnement excepté à certaines fins, à ☐ moins que ce ne soit effectivement à une telle fin;
- . 3o en un endroit et aux heures où la signalisation indique que le stationnement y est ☐ réservé à d'autres véhicules en vertu des paragraphes 5 et 6 de l'article 3 ou en vertu de ☐ la section II;
- . 4o dans une ruelle, sauf lorsque la signalisation le permet expressément;
- . 5o le long d'un terre-plein au centre d'une chaussée, sauf lorsque la signalisation le permet ☐ expressément;
- . 6o hors rue, en un endroit qui n'est pas accessible par un bateau;
- . 7o dans un parc, ailleurs que dans un endroit où la signalisation indique que cet endroit ☐ est destiné au stationnement;
- . 8o dans une place de stationnement dont l'accès est interdit par une barrière, un système ☐ de feux orange, un panneau amovible ou une inscription sur une housse ou un plastron ☐ fixés sur un parcomètre;
- . 9o en un endroit où l'immobilisation est interdite en vertu du Code ou du présent ☐ règlement.

98-049, a. 30.

31. Il est interdit, en un endroit d'un chemin public où le stationnement est permis, de stationner un véhicule routier :

- . 1o plus de 24 heures consécutives;

- . 2o s'il s'agit d'un camion ou d'un véhicule-outil, sur un chemin public situé dans une ☐ zone de circulation interdite identifiée au moyen de la signalisation prévue au Règlement sur la circulation des camions et des véhicules-outils (chapitre C-4.01), sauf le temps nécessaire pour effectuer une livraison locale;
- . 3o plus que le temps nécessaire pour permettre aux passagers de monter ou descendre, sur la partie d'un chemin public délimitée à chaque extrémité par une signalisation indiquant qu'il s'agit d'une zone de débarcadère;

4o plus longtemps que ne l'autorise la signalisation lorsqu'une période limitée y est indiquée.

98-049, a. 31; 99-099, a. 7; 00-036, a. 2.

32. Il est interdit de stationner sur un chemin public une remorque ou une semi-remorque non rattachée à un véhicule automobile, sauf en conformité d'un permis d'occupation temporaire du domaine public délivré en vertu du Règlement sur l'occupation du domaine public (chapitre O-0.1).

98-049, a. 32.

SOUS-SECTION 2

EXCEPTIONS

33. Malgré le paragraphe 1 de l'article 30 et malgré une signalisation indiquant que le stationnement est réservé aux résidents, il est permis au conducteur d'un véhicule routier de stationner pour une période :

- . 1o d'au plus 60 minutes :
 - . a) pendant un chargement ou un déchargement de marchandises au moyen de ce ☐ véhicule, à condition que :
 - . i) ce véhicule soit un camion ou un véhicule commercial;
 - . ii) ces opérations se fassent de façon continue;
 - . b) pendant qu'il exécute des travaux sur la propriété riveraine, à condition que :
 - . i) ce véhicule soit un véhicule-outil, un camion ou un véhicule commercial et ☐ qu'il soit nécessaire à l'exécution de ces travaux;
 - . ii) ces travaux se fassent de façon continue;
 - . c) s'il conduit un véhicule muni d'une vignette ou d'une plaque identifiant une personne handicapée, délivrée par l'Office des personnes handicapées du Québec, par la Société de l'assurance-automobile du Québec ou par une autre autorité administrative au Canada ou aux États-Unis;

- . 2o d'au plus 15 minutes, pendant une cueillette ou une livraison de courrier ou de petit colis effectuée au moyen de ce véhicule, à condition que ce véhicule soit un véhicule commercial;
- . 3o d'au plus 15 minutes, pendant une cueillette ou une livraison de courrier ou de petit colis effectuée au moyen de ce véhicule, s'il s'agit d'un taxi.

Les exceptions prévues au premier alinéa ne s'appliquent pas à l'encontre d'une signalisation interdisant le stationnement :

- . 1o à proximité d'une aire de travaux ou aux fins d'événements spéciaux ou d'opérations d'entretien routier;
- . 2o près d'une école, d'un terrain de jeu ou d'un parc.

Le conducteur d'un véhicule routier peut stationner sans acquitter les droits requis en vertu des articles 46 et 55, durant 30 minutes s'il respecte les conditions prévues au sous-paragraphe a) du paragraphe 1 du premier alinéa, et durant 15 minutes s'il respecte les conditions prévues aux paragraphes 2 ou 3 de cet alinéa.

Malgré le paragraphe 1 de l'article 30, il est permis au conducteur d'un corbillard transportant un cercueil de stationner près du salon funéraire ou de l'établissement religieux pendant que la cérémonie funèbre est en cours.

98-049, a. 33; 98-154, a. 1; 99-099, a. 8.

34. Malgré l'article 30, il est permis à un agent de la paix de stationner un véhicule de police:

- . 1o en dérogation des paragraphes 1 à 7 lorsqu'il est dans l'exécution de ses fonctions;
- . 2o en dérogation des paragraphes 8 et 9 lorsqu'il traite un cas d'urgence.

98-049, a. 34.

35. Malgré le paragraphe 4 de l'article 30, il est permis au conducteur d'un véhicule routier de le stationner dans une ruelle pendant un chargement ou un déchargement de marchandises effectué au moyen de ce véhicule, à condition que ces opérations se fassent de façon continue.

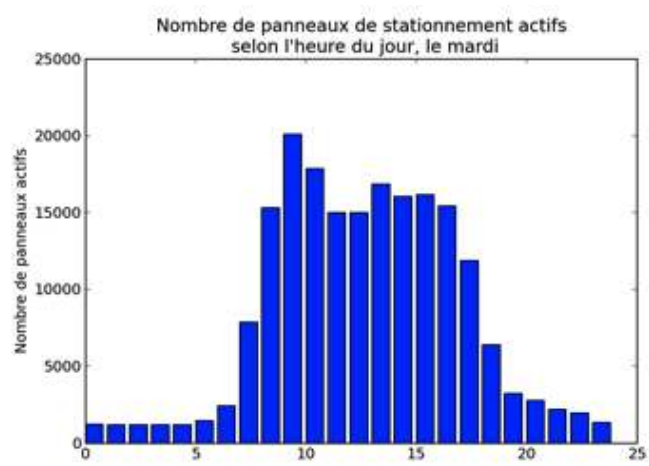
98-049, a. 35.

36. Un agent de la paix agissant dans l'exécution de ses fonctions peut stationner un véhicule de police dans une place où le stationnement est contrôlé par parcomètre ou distributeur ou en un endroit où le stationnement est contrôlé par borne sans payer le tarif requis en vertu des articles 46, 51 et 55, lorsqu'il est présent dans ce véhicule ou lorsqu'il traite un cas d'urgence.

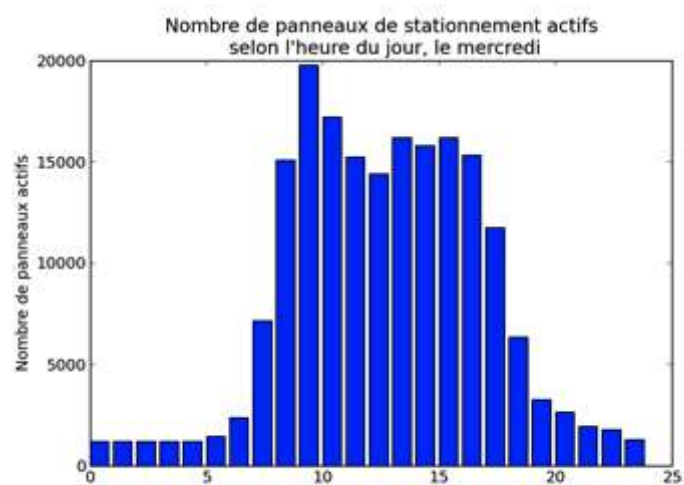
98-049, a. 36. »

Nombre de panneaux qui sont seulement actifs une journée de la semaine

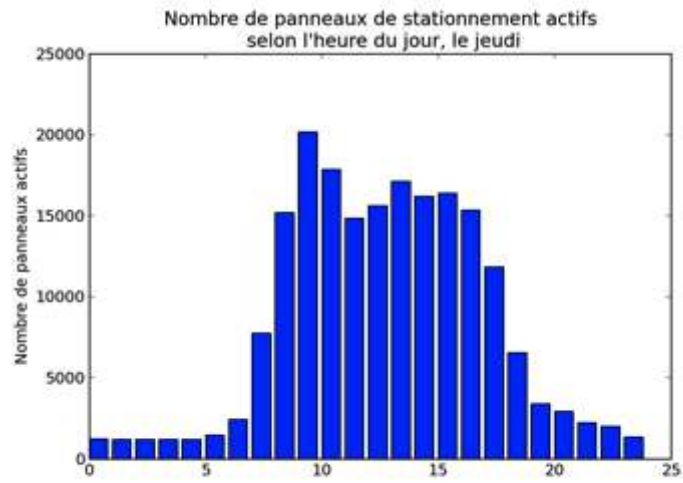
Annexe 3



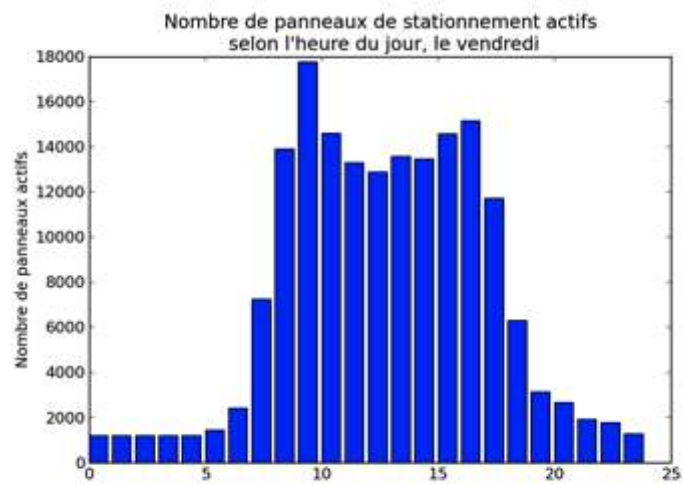
- Le mardi



- Le mercredi



- Le jeudi



- Le vendredi

Article 386 du code de la sécurité routière du Québec (Gouvernement du Québec, 2014)

Annexe 4

« **386.** Sauf en cas de nécessité ou lorsqu'une autre disposition du présent code le permet, nul ne peut immobiliser un véhicule routier aux endroits suivants:

1° sur un trottoir et un terre-plein;

2° à moins de 5 mètres d'une borne-fontaine et d'un signal d'arrêt;

3° à moins de 5 mètres d'un poste de police ou de pompiers ou à moins de 8 mètres de ce bâtiment lorsque l'immobilisation se fait du côté qui lui est opposé;

4° dans une intersection, sur un passage pour piétons clairement identifié et sur un passage à niveau ni à moins de 5 mètres de ceux-ci;

5° dans une zone de débarcadère et dans une zone réservée exclusivement aux véhicules routiers affectés au transport public de personnes, dûment identifiées comme telles;

6° sur une voie élevée, sur un pont, sur un viaduc et dans un tunnel;

7° sur un chemin à accès limité, sur une voie d'entrée ou de sortie d'un tel chemin et sur une voie de raccordement;

7.1° sur une voie de circulation réservée exclusivement à certains véhicules;

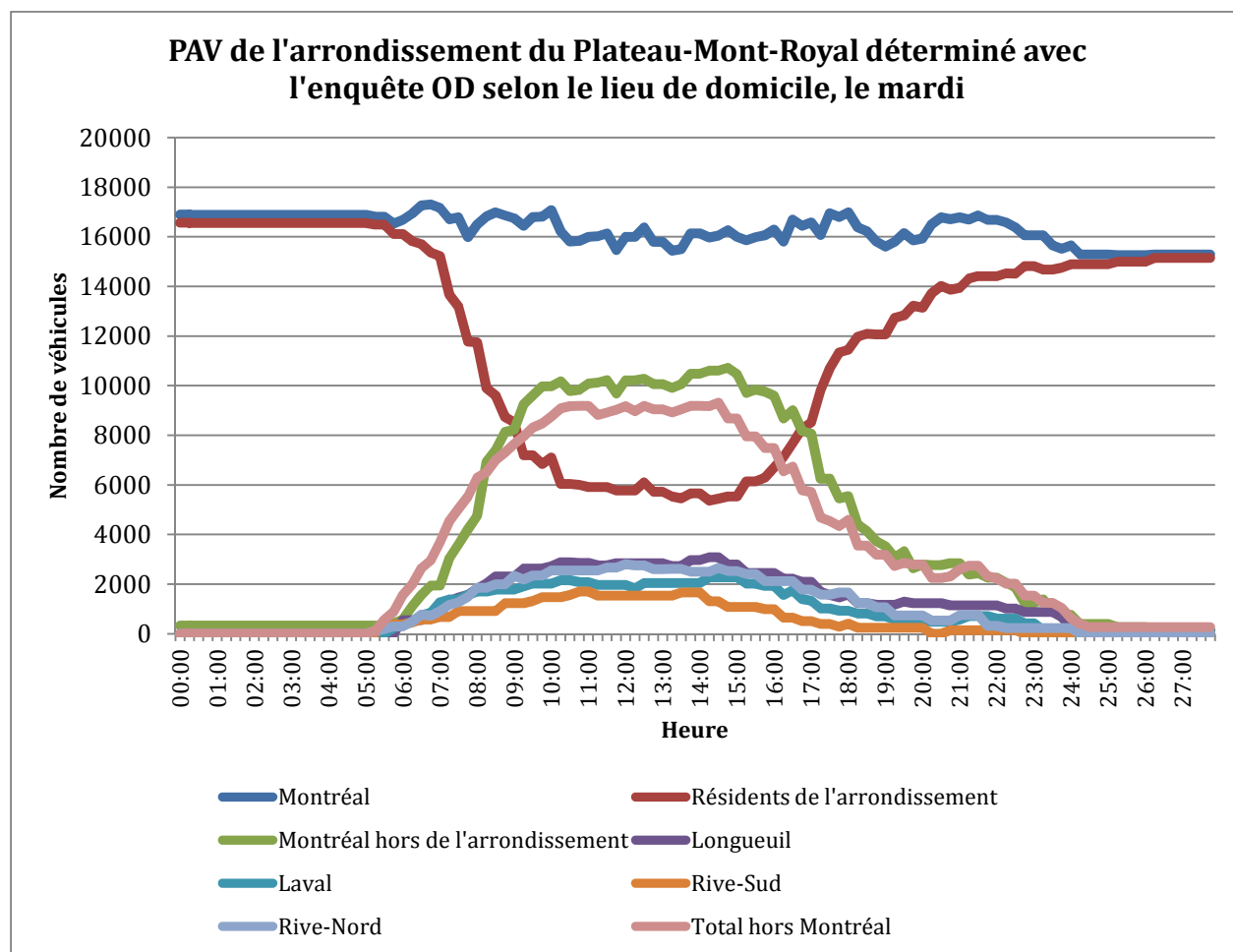
8° devant une rampe de trottoir aménagée spécialement pour les personnes handicapées;

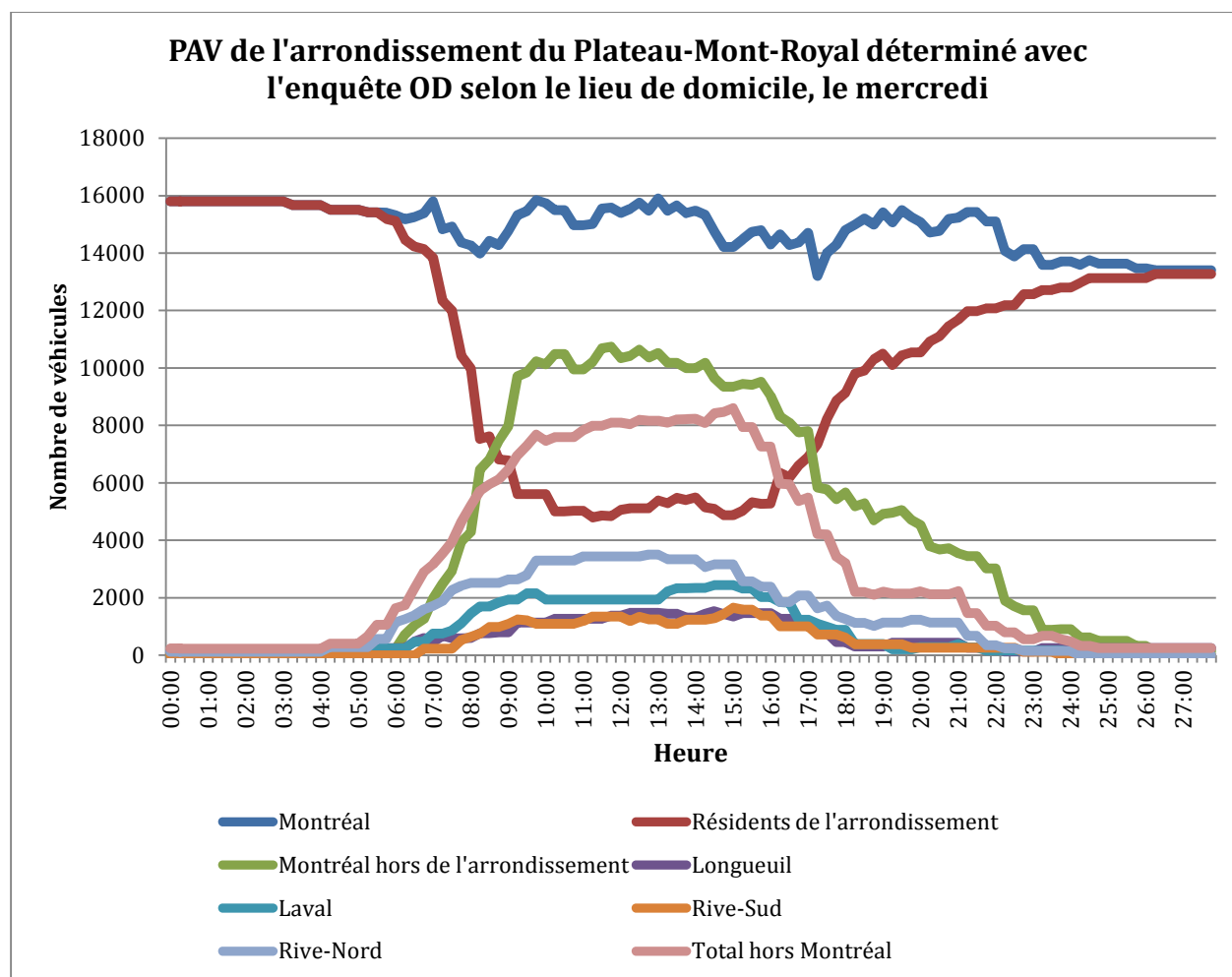
9° dans un endroit où le stationnement est interdit par une signalisation installée conformément au présent code.

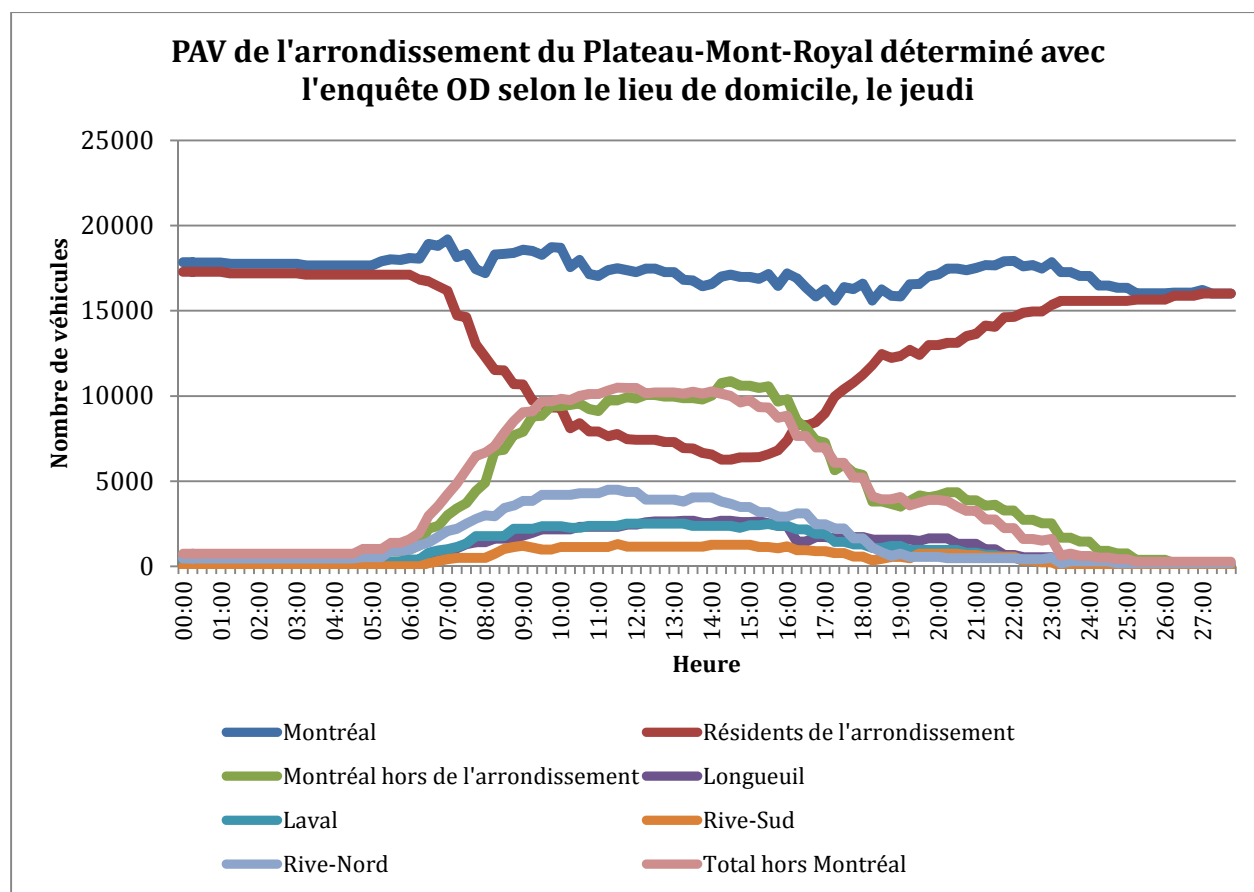
1986, c. 91, a. 386; 1987, c. 94, a. 57; 1990, c. 83, a. 150; 1993, c. 42, a. 7. »

Profil d'accumulation de véhicules de l'arrondissement du Plateau-Mont-Royal par lieu de domicile

Annexe 5

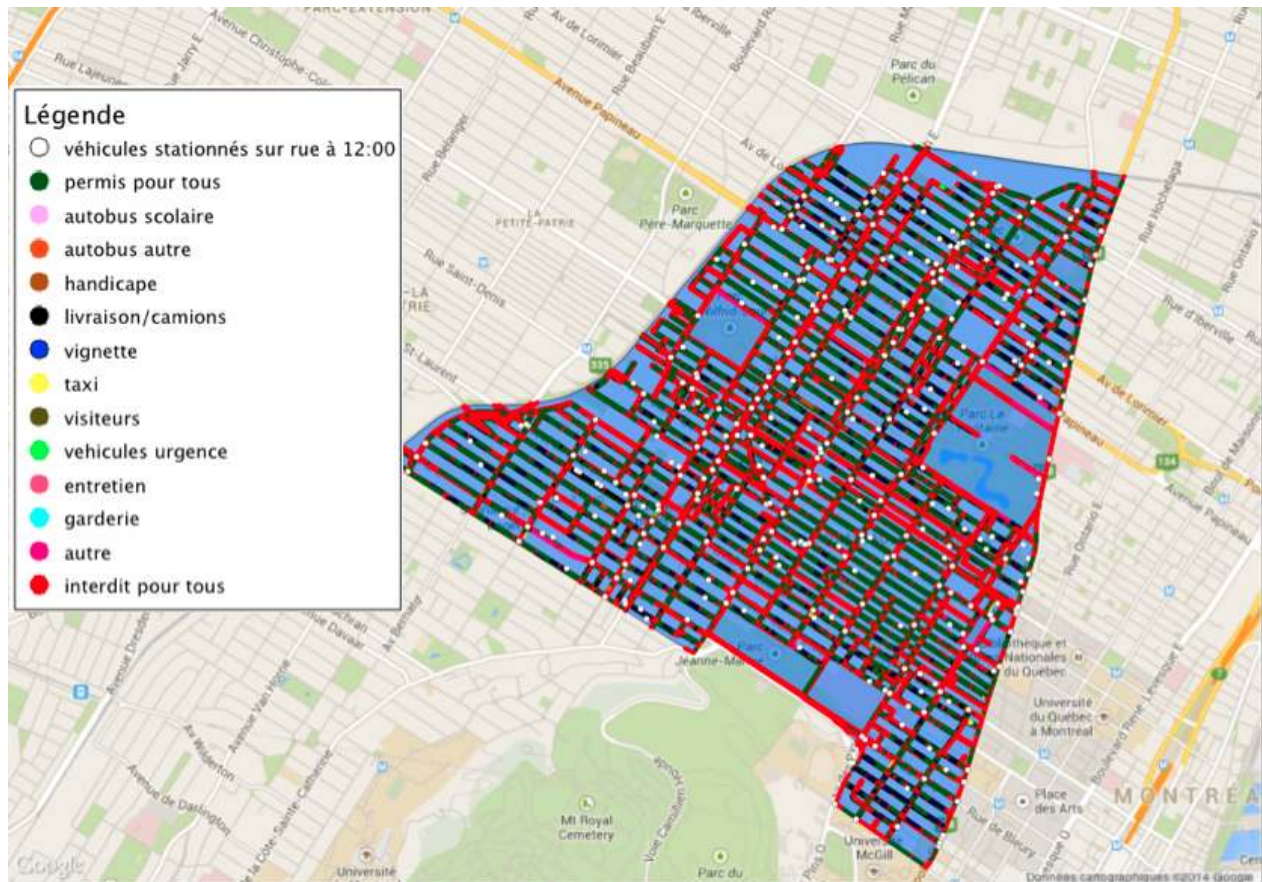






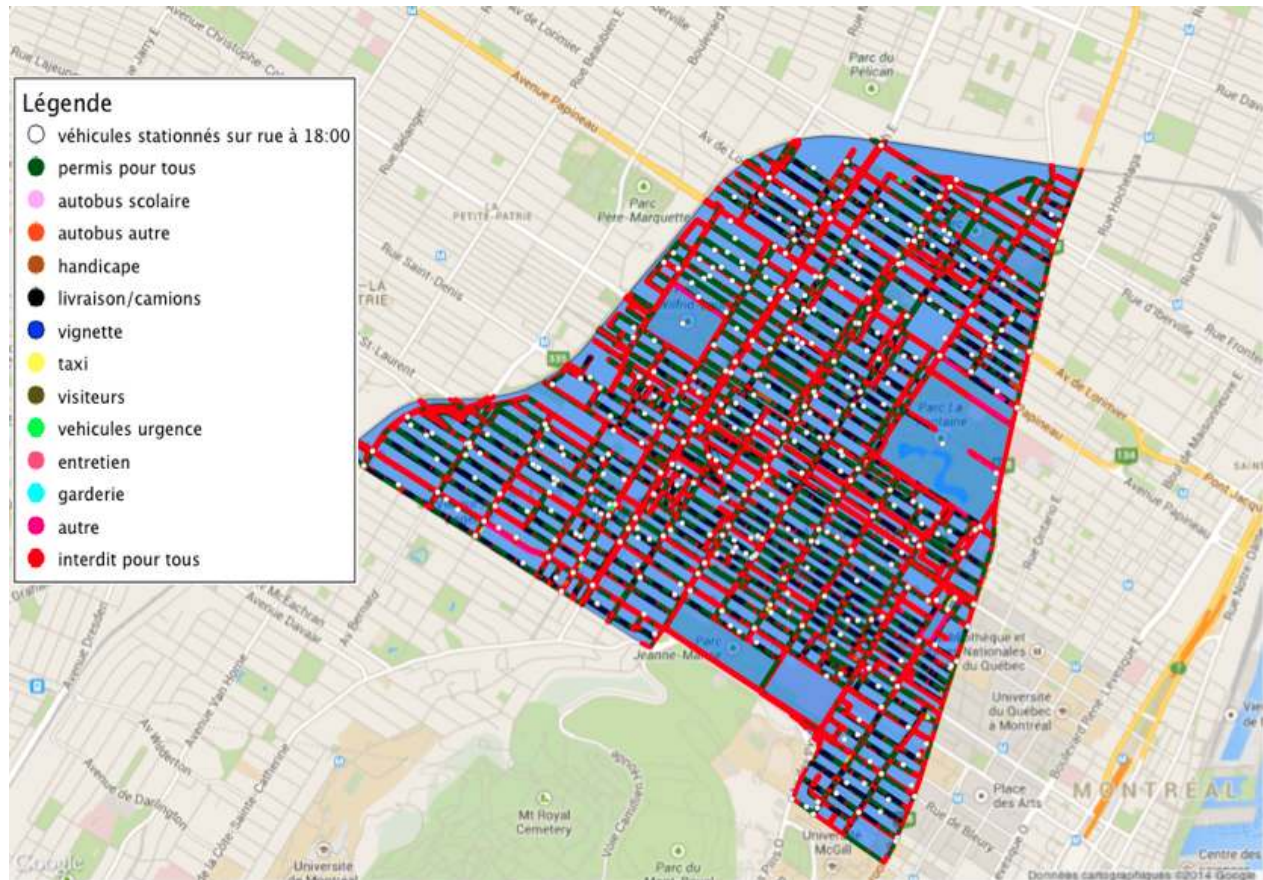
Cartes produites à l'aide du système d'information géographique

Annexe 6



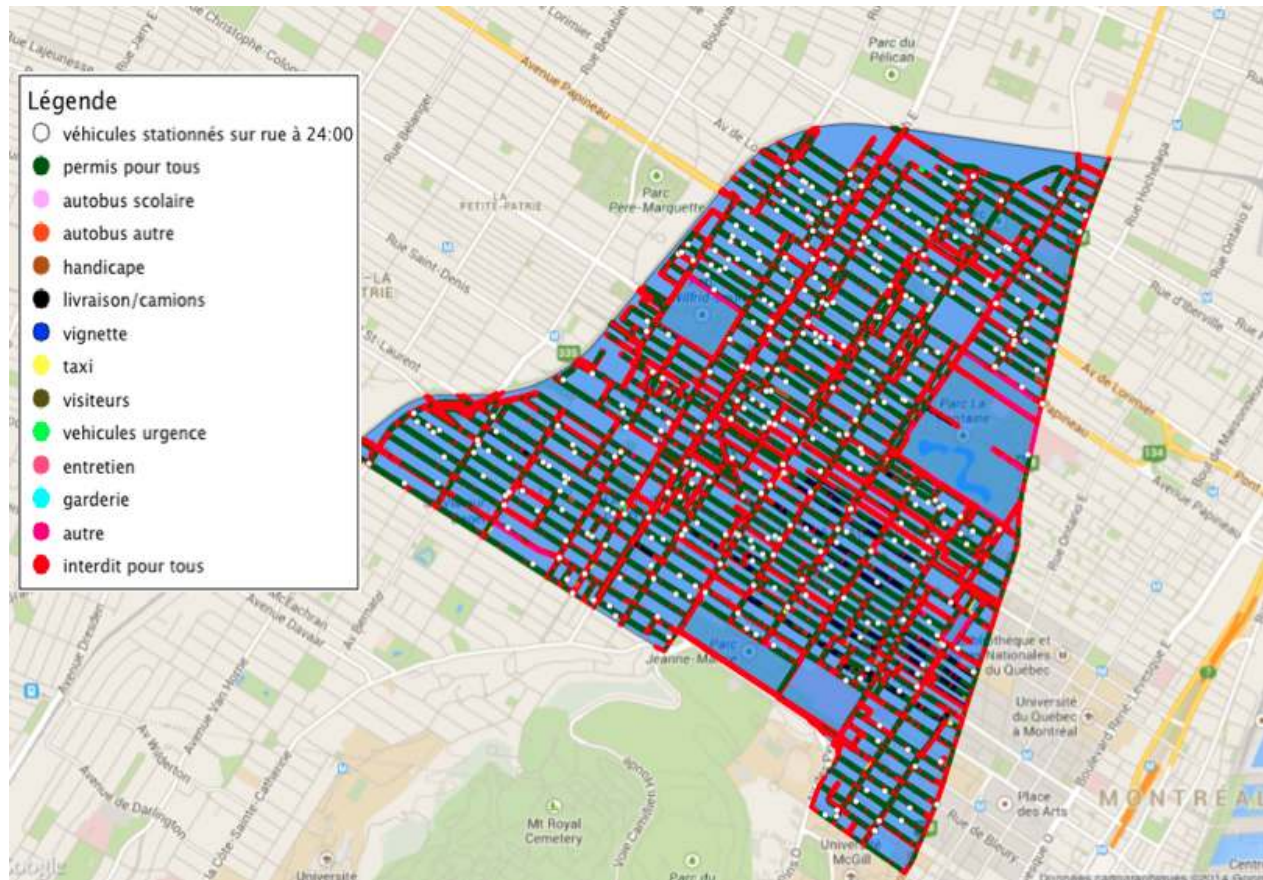
(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

- Véhicules stationnés sur rue à 12:00



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

- véhicules stationnés sur rue à 18:00

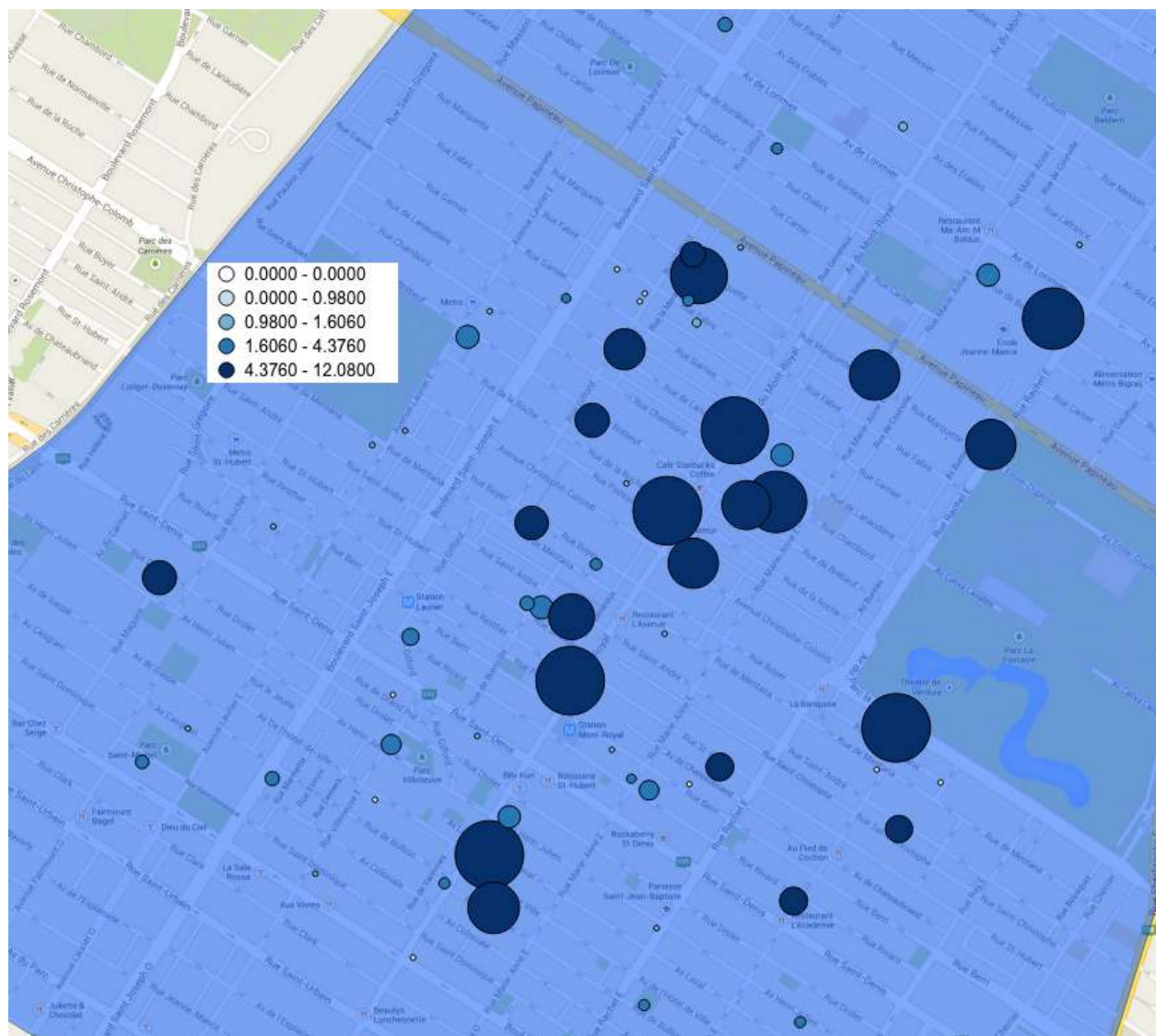


(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

- véhicules stationnés sur rue à 24:00

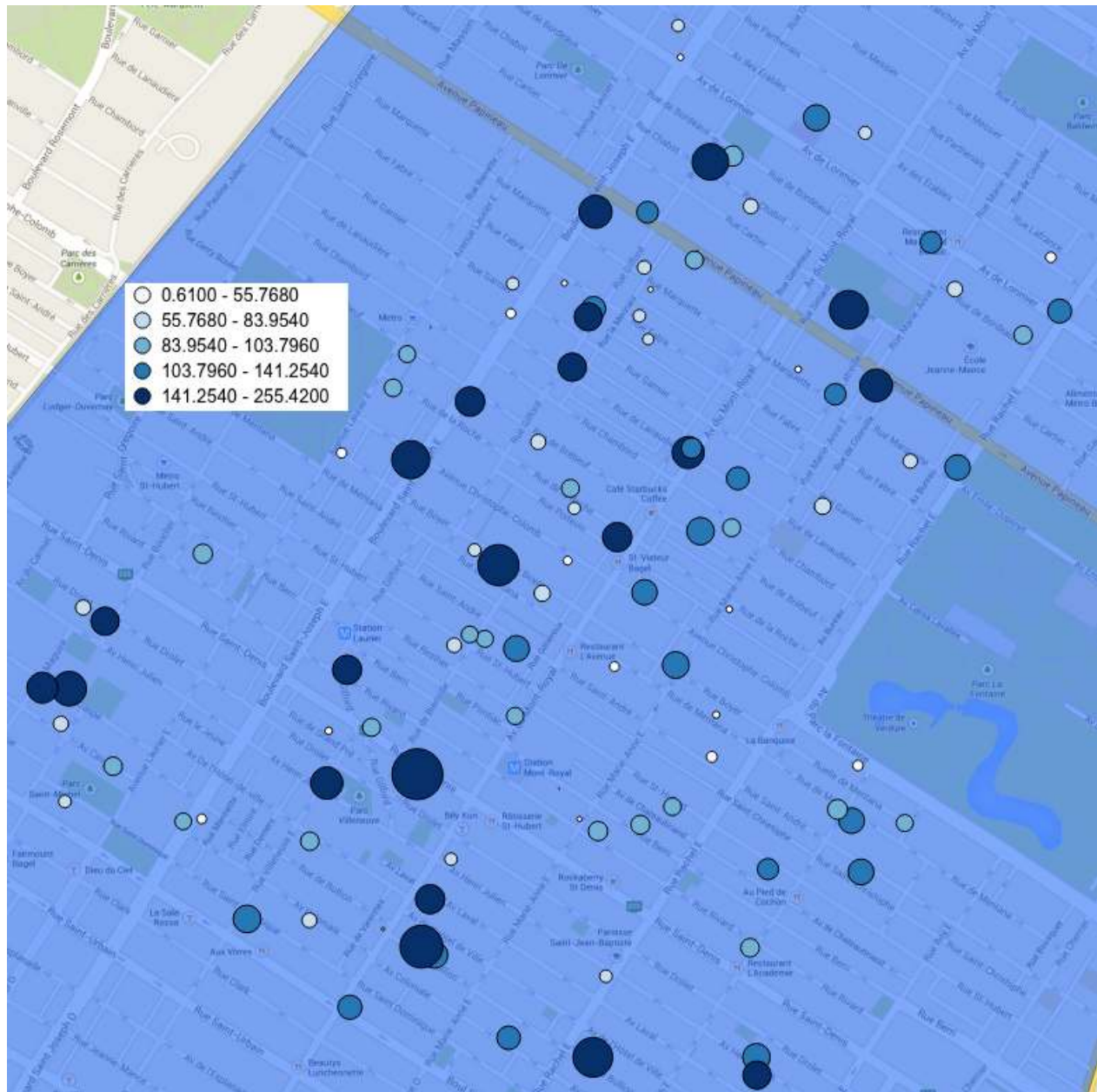
Cartes de l'accessibilité des ménages de l'enquête OD au stationnement sur rue

Annexe 7



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

- stationnement sur rue pour handicapés



(fond de carte par © Google Maps (www.google.com))

- stationnement sur rue réservé aux résidents